Bibliothèque de Philosophie scientifique
Directeur : Paul GAULTIER, de l'Institut

L. CUÉNOT
de l'Institut

Invention et finalité en biologie

56 ILLUSTRATIONS

FLAMMARION
26, rue Racine, Paris

Invention et finalité en biologie

There are more things in heaven and earth, Horatio,
Than are dreamt of in your philosophy.

Hamlet, acte I.

La maladie principale de l'homme est la curiosité inquiète des choses qu'il ne peut savoir.

Pascal (*Pensées*, éd. R. Simon, p. 306).

INTRODUCTION

Imaginons (peut-être n'est-ce pas tout à fait une imagination) qu'un naturaliste arrivé à la fin de sa carrière, ayant emmagasiné beaucoup de faits par la recherche et la lecture, éprouve le besoin d'une synthèse, d'une philosophie de la Biologie. Une question singulière va se poser devant lui, question à laquelle un physicien et un chimiste ne songeraient même pas, en ce qui concerne leurs sciences particulières. Le déterminisme physico-chimique suffit-il pour comprendre les phénomènes vitaux, ou est-il nécessaire pour l'entendement de le compénétrer par une autre action, rendant compte de la différence profonde qui *paraît* exister entre la Nature inerte et la Nature vivante, interprétant ce qui, dans cette dernière, rappelle l'invention humaine et suggère le dessein ?

C'est une question ancienne, puisque les philosophes grecs des IVe et IIIe siècles (av. J.-C.) la discutaient déjà,

Aristote et Epicure représentant les deux thèses opposées. Elle est encore actuelle ; il n'y a qu'à jeter les yeux sur la bibliographie qui termine ce livre pour en être persuadé ; on cherche, d'une façon un peu désordonnée et avec une information technique souvent insuffisante, quelque chose d'autre que le mécanisme universel, qui ne satisfait pas la raison de certains biologistes ; il existe à l'étranger un mouvement d'idées (*néo-vitalisme*) auquel les savants et philosophes français ne participent guère, tandis que l'école résolument antimétaphysique du Cercle de Vienne trouve chez nous un accueil favorable ; dans notre pays, les naturalistes sont presque tous des positivistes conformistes, qui considèrent avec dédain ou qui ignorent tout ce qui ressemble à de la métaphysique, et il est assez rare que nos philosophes aient un bon fond biologique.

J'ai écrit ce livre en toute indépendance pour exposer un problème difficile ; je serai évidemment traité de finaliste par les mécanistes, car j'avoue ne pas pouvoir admettre qu'un œil ou un bouton-pression se soit formé par hasard, sans qu'il y ait eu préalablement plan ou idée d'une fin. Mais je reconnais que l'esprit humain cherche à s'affranchir de ce concept de dessein, que le mécanicisme a toujours fait reculer devant lui les explications finalistes immédiates, que diverses apparences de finalité globale relèvent certainement de rencontres fortuites, que la Nature, à notre point de vue humain, est aussi souvent illogique et cruelle qu'ingénieuse et maternelle. Je me résigne donc à être taxé de mécanicisme par les finalistes ; ainsi ai-je quelque chance de déplaire aux uns et aux autres.

Que les philosophes professionnels veuillent bien être indulgents pour les banalités qu'ils ne manqueront pas de rencontrer dans mon travail ; c'est assurément beaucoup d'audace, pour un simple naturaliste, que d'aborder de telles questions. Mais peut-être un philo-

sophe trouvera-t-il dans ce livre imparfait quelque document ou argument intéressant pour la métaphysique biologique, fille de la science. J'expose des faits positifs, contrôlables, qui m'ont amené — et même contraint — à formuler des hypothèses que l'on regardera comme extra-scientifiques ; je souhaite, en toute humilité, qu'on en trouve de meilleures. J'ai voulu aussi attirer l'attention sur un des caractères singuliers de la Vie : la faculté d'invention ; il ne me semble pas qu'on ait tiré du sujet tout le suc métaphysique qu'il renferme.

Ceci est sans doute un livre incomplet, car je n'ai probablement pas lu la totalité des innombrables ouvrages ou articles traitant de la finalité, surtout du côté de la philosophie pure et de l'apologétique ; je m'excuse d'avance de mes omissions involontaires.

Il est digne de remarque que mécanistes et finalistes excellent dans la critique : un mécaniste n'a aucune peine à accumuler des faits dont l'interprétation finaliste immédiate n'est plus recevable, et symétriquement le finaliste démontre aisément que l'explication par le hasard se heurte à des difficultés qui lui paraissent insurmontables ; l'un et l'autre évitent avec quelque soin de se rencontrer ; il est assez rare que le mécaniste parle des yeux ou des coaptations, c'est-à-dire de ce qui est réussi, et que le finaliste s'intéresse aux monstres ou aux parasites, c'est-à-dire aux erreurs et au mal. Ce n'est pas du *fair play* ; si l'on croit au bien fondé d'une thèse, il ne faut pas dissimuler, au cours de la démonstration, l'argument ou le fait qui est apparemment le plus favorable à l'adversaire.

Beaucoup de naturalistes se disent ou se croient mécanistes de stricte orthodoxie ; cependant ils emploient des expressions finalistes, parlent d'arrangements organisés *pour* telle ou telle « fonction » importante, de « merveilleuse adaptation », comme s'il était impossible de parler de la Vie autrement qu'en termes de finalité.

Souvent le désaveu de la finalité est une sorte de clause de style, qui est rapidement oubliée lorsqu'on se trouve en face des faits (1). Peut-être aussi craint-on de ne pas paraître assez « avancé » ? Des peintres ont gâté leur talent en ne voulant pas se laisser dépasser par les « fauves » ; il se pourrait qu'il y ait quelque chose d'analogue chez les savants.

*
* *

La division du livre est la suivante : la première partie, qui ne devrait manquer dans aucun ouvrage à tendance philosophique, est constituée par la définition détaillée des termes principaux ; il est essentiel, tout d'abord, de bien s'entendre sur le sens des mots employés, même s'ils sont d'un usage courant ; on se rend compte de la façon dont l'auteur les comprend.

La deuxième partie renferme l'exposition doctrinale des deux thèses opposées : le mécanicisme anti-métaphysique et le non-mécanicisme (= vitalisme ou finalisme). J'examine en détail le mécanicisme, d'abord dans sa partie critique ou destructive, la plus solide, puis dans ses parties constructives, qui satisfont peut-être certains esprits, mais paraissent à d'autres singulièrement incomplètes.

La troisième partie est une analyse critique des théories non-mécanistes, depuis Lamarck jusqu'à notre époque.

Dans une quatrième partie, que je tiens pour la plus importante, j'expose un certain nombre de problèmes biologiques, pour montrer les difficultés — je pense

(1) P. Portier, dans la préface de son excellent livre *Physiologie des animaux marins* (1938), où il examine des adaptations à la vie dans la mer, l'avoue avec simplicité : « La question d'adaptation est, quoi qu'on fasse, teintée d'un certain finalisme. Nous repoussons ce finalisme du point de vue philosophique, c'est entendu; mais il reparaît, souvent à notre insu, dans nos interprétations biologiques. »

même les impossibilités — des explications mécanistiques, d'où la nécessité d'attribuer à la cellule germinale une propriété téléologique d'invention.

Je dois beaucoup aux amis qui ont bien voulu examiner le manuscrit et je les remercie très vivement de leurs judicieuses critiques ; sans leur aide, privé brusquement dès ma retraite d'instruments de travail et des collections que j'avais patiemment rassemblées, il m'eût été difficile d'achever cet ouvrage.

PREMIÈRE PARTIE

LES DÉFINITIONS

Science, histoire et métaphysique. — La métaphysique est l'ensemble des problèmes réels ou imaginaires, qui ne peuvent être étudiés qu'en dépassant l'expérience ; ils se posent invinciblement à l'Homme, animal métaphysicien, qui s'étonne de sa propre existence et de l'existence des choses ; il construit pour les comprendre des systèmes qui le satisfont pour un temps. Pour les positivistes (Lancelot Hogben, Mach, Marcel Boll, Matisse, Cercle de Vienne), la métaphysique n'a aucune sorte d'existence ; c'est un mot dépourvu de sens, un *flatus vocis* ; rien ne peut être pensé en dehors de nos représentations sensibles, et la pensée n'y ajoute rien. Et si l'Homme se pose des interrogations d'ordre non scientifique ou non historique, il a tort : ce sont des pseudo-problèmes sans intérêt. C'est bien vite dit ; et s'il me plaît à moi de les appeler problèmes ? Le symbolisme, ce délire déductif de la science moderne, suivant l'expression de Matisse, n'est-il pas frère de la métaphysique ?

Il est difficile de tracer avec précision les limites changeantes du domaine de la métaphysique ; il est circonscrit par l'observation telle quelle des expériences et des faits, les théories qui relient ceux-ci, l'histoire de leur évolution ; on est amené à une hypothèse de caractère métaphysique par des observations ou considéra-

tions qui, elles, sont au niveau de l'expérience ; l'hypothèse, à son tour, peut suggérer d'autres observations auxquelles on n'aurait point songé sans elle. En gros, on peut dire que le fait d'une existence donnée et les conditions de l'existence (le « *comment* ») sont du domaine scientifique, tandis que les raisons de l'existence (le « *pourquoi* ») relèvent de la métaphysique ; ainsi, dire que l'Oiseau a des ailes, que leur mouvement a le vol pour résultat, est un langage positif, purement empirique ; si l'on demande comment l'Oiseau a acquis des ailes, la question n'est pas susceptible d'une réponse expérimentale ; cependant on peut émettre à ce sujet des hypothèses plus ou moins probables, contrôlables par des trouvailles paléontologiques ou des recherches embryologiques : c'est de l'histoire. Mais dire que l'Oiseau a des ailes *pour* voler est un langage métaphysique, puisqu'il répond à la question : pourquoi l'Oiseau a-t-il des ailes ? Goethe l'avait très bien compris : « ...les partisans de l'utilité disent volontiers que le bœuf a des cornes pour se défendre... Mais autre chose est de dire : le bœuf se défend avec ses cornes, parce qu'il en a. La question de fin, la question *pourquoi* ? n'est nullement scientifique. On va plus loin avec la question *comment* ? » (conversation avec Eckermann, 20 février 1831).

Nous ne connaissons évidemment les choses que par leur apparence sensible ; les connaissances empiriques et scientifiques sont acquises par l'intermédiaire de nos organes sensoriels, récepteurs et trieurs de vibrations, qui par des nerfs véhiculaires transmettent au cerveau un ébranlement appelé influx nerveux. S'il nous manque un organe des sens, la qualité que celui-ci apprécie nous paraîtra faire totalement défaut à l'objet considéré ; si notre œil qui perçoit une faible étendue de la gamme des radiations (de 0 μ, 4 à 0 μ, 76 de longueur d'onde) était sensible aux infra-rouges ou aux ultra-

violets, notre interprétation du monde serait assurément autre qu'elle n'est ; ainsi les composés benzéniques, qui ont une bande d'absorption dans l'ultraviolet, sont considérés comme incolores ; mais si nous pouvions saisir les radiations U. V., ils nous paraîtraient colorés. Suivant son type, l'animal est plus ou moins richement pourvu en récepteurs : l'Eponge n'en a probablement aucun ; l'Homme est assez bien doté au point de vue de la vision (moins bien que l'Oiseau) et des organes tactiles ; le Chien est tout odorat. Un Infusoire, un Insecte, un Poisson, un Chat ont des conceptions du monde prodigieusement différentes des nôtres, mais qui leur permettent de mener la vie pratique.

Les qualités sensibles, odeur, couleur, dureté, etc., ne sont donc que des sensations du sujet conscient : c'est un premier degré, spontané ou primaire, de la connaissance. Puis vient la reconstruction expérimentale de l'objet, par élimination des déformations subjectives ; celle-ci est relationnelle, une lecture de graduations, comme dit Eddington ; l'Homme, par son art, rend sensibles des propriétés qui échappaient à la connaissance primaire : c'est un second degré scientifique. Enfin on peut se demander s'il n'y a pas, derrière le rideau de ces phénomènes, un support perdurable, un Réel métaphysique, l'essence, la « substance » des scolastiques, la « chose en soi » de Kant, que nous ne pouvons connaître, mais que conçoit l'entendement. Quel que soit ce support, il conditionne, nous ne savons comment, ce que nous percevons comme réalité seconde ; une des plus audacieuses hypothèses de la philosophie est d'accepter cette distinction entre la Réalité *phénoménale* (φαινόμενα, apparence) du monde sensible, objet de la science, et le Réel *nouménal* (νούμενον, réalité conçue et non perçue) ; c'est admettre un Relatif et un Absolu, ce que l'on ne voit pas étant plus réel

des phénomènes sensibles, on entre dans le domaine métaphysique : ainsi pour le principe vital des anciens vitalistes, l'entéléchie de Driesch, l'élan vital de Bergson et bien d'autres fantômes.

La science se propose donc de décrire et de rationaliser la succession des évènements sensoriels déterminés en nous par les phénomènes du monde extérieur ; elle les met en ordre en les reliant par des hypothèses, lois ou règles qui permettent d'expliquer les faits connus et d'en prévoir d'autres ; elle procède par analyse ou démontage, étant persuadée que le complexe résulte de l'addition d'éléments plus simples. L'Homme apprécie la science à la fois par pur plaisir de savoir et pour ses résultats pratiques, puisqu'elle lui donne la promesse d'une augmentation indéfinie de force et de pouvoir (parfois amplement compensée par les inconvénients).

Pour qu'un fait soit accepté, il suffit qu'il ne heurte pas les faits antérieurement acquis, qu'il soit attesté par un auteur que l'on juge compétent et digne de foi ; ou, mieux encore, qu'il soit expressément vérifié par un autre observateur indépendant du premier ; car il ne manque pas, dans l'histoire des sciences biologiques, géologiques et préhistoriques, d'expériences (1) ou d'observations pour lesquelles on peut, suivant les cas, se demander si elles sont mal faites ou délibérément faussées ; on connaît même des récits imaginaires faits par des demi-déments (2). Mais pour que le fait *contraigne* et soit universellement accepté comme scientifique, il faut qu'on l'ait défini en se servant de méthodes éprouvées permettant une vérification. Combien de fois a-t-on entendu des amateurs se plaindre que les « officiels »

(1) Les expériences de Kammerer ; les cavernicoles décrits par Joseph ; les modifications d'animaux épigés placés à l'obscurité (Viré) ; Glozel, etc. Voir le beau livre de Vayson de Pradenne sur *Les fraudes en Archéologie préhistorique* (Nourry, Paris, 1932).

(2) *Salinella salve* de Frenzel (1892).

ne daignent pas contrôler leurs recherches ? Ils attribuent même cet apparent dédain à quelque jalousie de métier ! Ils ne se rendent pas compte qu'il n'y a science que s'il y a possibilité de critique et surtout de vérification (donc déterminisme connu) et rattachement à une légalité ; c'est pour cela que sont considérés comme inexistants des phénomènes attestés cependant par des milliers de témoignages, comme ceux de la magie et du spiritisme, comme la détection de l'eau, des métaux ou des cavités par la baguette du sourcier et le pendule du radiesthésiste (1), comme les prémonitions, la transmission de la pensée, la lecture à travers des enveloppes fermées, etc. ; sans même parler des expériences négatives de contrôle, on a toutes raisons de douter de la valeur des méthodes et de la compétence critique des observateurs. Il importe peu que de grands savants se soient laissé prendre à des artifices grossiers et aient accepté avec une crédulité d'enfant des pseudo-faits invraisemblables (métapsychisme) ; leur ignorance réelle des truquages possibles, une conception exagérée du libéralisme scientifique, le désir très vif de pénétrer dans un domaine inconnu, sont des circonstances très atténuantes pour leur erreur ; mais celle-ci n'en existe pas moins ; cet exemple doit rendre extrêmement circonspects ceux qui sortent du cadre de leurs études spéciales.

La science biologique. — La science biologique est la somme des faits d'observation concernant les êtres vivants et fossiles et de toutes les hypothèses et théories explicatives émises à leur sujet.

Comme la Biologie est beaucoup plus complexe que la mécanique, la physique et la chimie, la plupart des

(1) L. Cuénot, Science et pseudo-sciences (*Revue scientifique*, n° 1 janvier 1940).

biologistes, à tort ou à raison, la considèrent comme le prolongement de ces sciences et demandent des explications aux phénomènes plus simples offerts par la matière non vivante (école positiviste rationaliste, mécanicisme, monisme matérialiste, expérimentalisme). Il y a aussi une école pour laquelle la Vie est un phénomène original et autonome, qui a sa légalité propre, intriquée avec la légalité physico-chimique inhérente à son substratum (école vitaliste, dualisme). Nous exposerons plus loin le conflit des deux écoles.

Il importe de faire le départ, dans la science biologique, de ce qui est connaissance positive, histoire et métabiologie ; leurs limites respectives sont peut-être difficiles à tracer ; nous tenterons de les définir dans l'exemple suivant (fig. 1) :

Tout le monde connaît la belle série orthogénétique qui conduit de l'*Eohippus* paléocène, de la taille d'un Renard, jusqu'aux Chevaux actuels ; c'est une sorte de déroulement cinématographique de l'accroissement de la taille, des modifications des molaires, de l'atrophie de certains doigts et du grandissement du doigt III. Les fossiles et leur sériation dans le temps et l'espace sont les faits solides, positifs ; on a trouvé logique de relier les espèces disparues et les actuelles par une relation de descendance, toujours sujette à révision dans le détail ; cette hypothèse extrêmement probable est la seule qui satisfasse la raison ; c'est de la biologie historique. On a supposé que l'ancêtre à 4 doigts vivait dans les forêts, dont le sol mou convenait bien à ses pieds larges et plats et à ses membres assez courts ; *Hypohippus*, du miocène supérieur de l'Amérique du Nord, considéré comme un bon exemple d'animal forestier, est un type conservateur. Au cours de l'évolution, des espèces abandonnèrent la forêt pour la savane voisine, puis celle-ci pour la steppe sèche ; ce fut le cas du *Mesohippus* de l'oligocène, de l'*Hipparion* du pliocène,

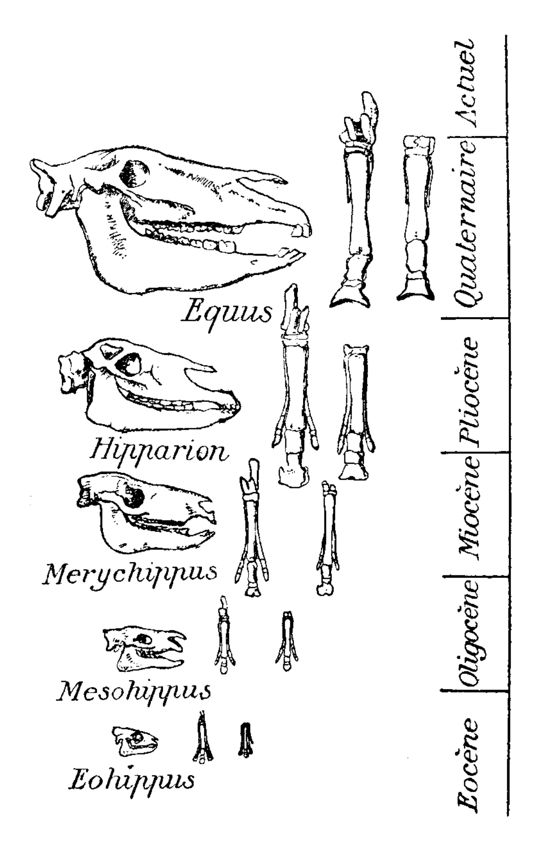


Fig. 1. — Evolution orthogénétique des Equidés durant le tertiaire (Amérique du Nord) ; on a représenté à la même échelle la tête, le pied antérieur (à droite) et le pied postérieur (à gauche) : *Eohippus*, de la taille d'un Renard, 4 doigts en avant, 3 doigts en arrière. — *Mesohippus*, 3 doigts touchant le sol, en avant et en arrière. — *Merychippus*, les doigts latéraux ne touchent plus le sol. — *Hipparion*, de la taille d'un Ane, les doigts latéraux ne touchent plus le sol. — *Equus*, le doigt III très développé, avec rudiments des doigts latéraux II et IV (d'après un tableau du Musée d'Histoire naturelle de New York, composé avec des pièces réelles).

modifiés. Les espèces, cherchant inconsciemment le biotope dans lequel elles trouvent le climat et l'aliment qui leur conviennent, délaissèrent la forêt pour la savane et la steppe : un bon coureur, capable de manger des herbes dures, est tout de même mieux à sa place en espace découvert que dans une forêt.

Je ne parlerai pas de la conception purement métaphysique qui voit, dans la transformation de l'*Eohippus* en Cheval, l'effet d'une Volonté démiurgique qui continue sa création par l'intermédiaire des causes secondes. Cette croyance peut se superposer à toutes les hypothèses précédentes sans les modifier.

On voit que les explications d'un fait positif constituent un mélange inséparable de *science*, puisqu'il est question d'observations et de chronologie, d'*histoire*, puisque c'est une reconstitution d'évènements passés, et de *métaphysique*, soit en recherchant une raison supérieure pour rendre compte de l'ordre et de cette sorte de progrès qu'implique l'orthogénèse, soit en invoquant une cause interne nécessairement téléologique.

La Nature. — C'est l'ensemble des phénomènes de l'Univers tels que nous les percevons par nos sens, dont le champ est démesurément prolongé et agrandi par les instruments que l'Homme a imaginés. « La Nature est l'existence des choses, en tant que déterminée par des lois universelles » (Kant, *Prolégomènes*, § 14).

La loi ou règle exprime les *habitudes* de la Nature, la manière régulière selon laquelle les phénomènes se produisent et s'enchaînent, ce qui permet souvent de prévoir ; elle fait passer la connaissance sensible et empirique (Εμπειρα, savant par l'expérience) à l'état de connaissance scientifique. Voici des exemples de lois naturelles en biologie : loi de la corrélation organique (Cuvier) : tout être spécialisé dans un certain genre de vie a en gros des organes qui sont en accord avec

celui-ci ; le Cétacé est un Mammifère modifié dans toutes les parties de son corps ; un Félin est carnassier aussi bien par ses dents et ses griffes que par sa musculature et ses organes des sens ; c'est ce qui a permis parfois à Cuvier de reconstituer avec une certaine exactitude certains fossiles récents dont il ne possédait que quelques os, en supposant que ces êtres disparus étaient construits comme leurs parents actuels. — Loi du rapport statistique entre le genre de vie et la morphologie (adaptation morphologique aboutissant à la convergence). — Loi du rapport entre le nombre des œufs et la protection des jeunes stades. — Loi de la préadaptation des organismes : beaucoup de mécanismes qui paraissent faits pour un habitat donné (disques adhésifs des doigts de Rainettes et vie arboricole, haute pression osmotique des arbres de mangrove vivant dans l'eau salée, fécondation interne des Vertébrés terrestres, etc.) se sont développés *avant* l'entrée dans le milieu particulier. — Loi d'anticipation dans le développement, en vertu de laquelle les mécanismes s'édifient chez l'embryon bien avant que l'organisme en ait besoin (préparation du futur; ex. : callosités, pelotes plantaires, sabots). — Loi des connexions d'E. Geoffroy Saint-Hilaire ou de la conservation des rapports organiques et organogéniques dans chaque groupe naturel. — Loi du potentiel évolutif ou apparition dans des groupes apparentés d'organes analogues qui cependant se sont développés indépendamment (pédicellaires des Astéries et des Oursins ; cornes et bois des Ongulés). — Loi de dérivation de formes spécialisées à partir d'un type synthétique généralisé (radiation adaptative). — Loi de Dollo ou de l'irréversibilité de l'évolution régressive. — Loi de la répétition, plus ou moins abrégée, dans l'ontogénèse d'un organe, de stades embryonnaires parcourus par ce même organe dans la série des ancêtres (larve à tige de la Comatule ; notocorde et fentes branchiales de l'em-

bryon de Mammifère). — Loi de la durée limitée de la vie des espèces, beaucoup plus courte que celle du type de structure (extinction totale des espèces paléozoïques et mésozoïques, alors qu'il existe encore des formes panchroniques comme la Lingule, le Pleurotomaire, le Cidaris). — Loi du relai des groupes dominateurs qui, après une période de radiation adaptative et d'épanouissement, deviennent statiques, puis tombent en décadence et disparaissent, parfois en laissant quelques reliques (Mammifères et Oiseaux substitués aux Reptiles de la terre, de la mer et de l'air ; Oursins modernes remplaçant les Oursins paléozoïques), etc...

Le mot de Nature est très souvent employé par les biologistes dans le sens métaphorique de puissance créatrice, comme dans les phrases suivantes : « Dans le groupe des Composées, la Nature a doté le fruit de certaines espèces d'un parachute qui permet leur dissémination par le vent, et le fruit d'autres espèces de crochets qui s'agrippent à la fourrure des animaux. — Tout se passe comme si la Nature voulait la perpétuation de la Vie sur la Terre ». Dans l'esprit de la majorité des biologistes, c'est une image traditionnelle qui n'a aucune signification métaphysique ; c'est une manière commode et brève d'énoncer des faits dans un enseignement, sans se préoccuper de leur explication causale ; mais pour d'autres, c'est une manière d'affirmer la nécessité d'un Démiurge, créateur et organisateur du Monde, qui agit, non pas à coups de miracles, mais par l'intermédiaire des lois de la Nature ou causes secondes ; comme il est inconnaissable, on le remplace par son agent d'exécution, auquel on attribue le don d'invention : la Nature est divinisée.

La Vie. — La Vie est aussi une abstraction, puisque nous ne pouvons connaître que des phénomènes présentés par certains êtres pendant un temps donné. On

en parle souvent comme d'une personne, mais sans intention métaphysique : c'est alors le synonyme bref des propriétés communes aux végétaux et aux animaux. Mais on glisse facilement de la métaphore à l'affirmation ; c'est ce que fait Bergson dans son célèbre livre « *L'Evolution créatrice* » ; il parle de la Vie comme d'une entité autonome ; « elle porte en elle une force explosive », « elle est tendance », « elle tourne des obstacles » ; mais tout cela n'a aucun sens concret, pas plus que « l'élan vital », poussée interne qui porte le vivant dans une direction donnée. Charles Nicolle a écrit : « La vie ne cherche qu'à se transmettre ; pour ce, elle tente mille essais, ayant pour conseiller le hasard et pour allié le temps. » H. S. Jennings, cependant à tendance mécaniste, parle de la Vie comme d'une expérimentatrice entêtée, en gestation de continuelles nouveautés. André Mayer, sans doute mécaniste orthodoxe, dit dans l'*Encyclopédie française* (t. IV, *La Vie*, p. 15) : « Grâce aux architectures étagées d'atomes, de molécules, de cellules, d'appareils, d'organismes qu'elle fait surgir, la vie canalise, oriente, dirige les grandes forces, les facteurs d'action qui sont à l'œuvre sur la Terre. » Les termes diffèrent, mais le fond de la pensée est le même : la Vie, comme tout à l'heure la Nature, devient le Démiurge (Samuel Butler, par exemple, identifie Dieu et la Vie).

Le vivant est un système qui diffère du corps brut parce qu'il possède l'action immanente, c'est-à-dire une action dont le terme est en lui, au lieu d'être hors de lui ; par exemple le terme de l'assimilation est intérieur, car c'est à lui-même que le vivant incorpore l'aliment ; nous saisissons du même coup la nécessité de l'organisation : la multiplicité des parties est exigée par la causalité du vivant sur lui-même qui est l'essence de la Vie (Dalbiez).

Adaptation et convergence. — Toute espèce qui vit et dure dans un milieu donné est adaptée globalement à celui-ci ; elle a nécessairement des organes qui répondent aux *exigences* du milieu, par exemple des branchies (ou une respiration cutanée) si elle est aquatique (Poissons, Mollusques, larves d'Ephémères), des poumons si elle est terrestre (Reptiles, Gastéropodes Pulmonés) ; la présence de tels organes commande impérieusement l'éthologie de l'être ; l'obligation ne peut être tournée que par l'adjonction d'un dispositif nouveau (animaux terrestres devenant aquatiques en conservant une respiration aérienne). D'autres organes qui ne sont pas vraiment nécessaires montrent cependant un rapport évident de convenance avec le genre de vie (concordance générale de la forme des dents avec le régime alimentaire, palmure des aquatiques, fourrure lisse des Mammifères fouisseurs) ; nous considérons qu'ils sont plus ou moins utiles ou commodes. Tous ces organes sont qualifiés d'*adaptations morphologiques*, ou *éthologiques*, ou encore *statistiques*. On a trouvé assez bizarre ce mot de statistique ; il me paraît cependant significatif, en ce sens qu'il marque bien un rapport de fréquence dans lequel n'intervient pas une nécessité absolue : le parachute que l'on rencontre chez divers Mammifères arboricoles (Marsupiaux, Rongeurs, Galéopithèque) est une adaptation statistique à la vie forestière, bien que présenté par une petite minorité d'espèces, parce qu'on

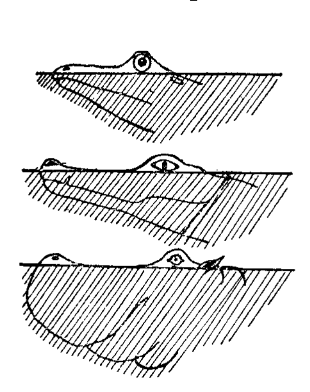


Fig. 2. — **Têtes de Grenouille, de Crocodile et d'Hippopotame, la narine et l'œil dépassant seuls le niveau de l'eau : exemple d'adaptation convergente à la vie amphibie (d'après Hesse, *Tiergeographie*, 1924).**

ne le trouve jamais chez les non-arboricoles, pour la bonne raison qu'il serait extrêmement gênant.

La *convergence* est le fait d'une ressemblance frappante, soit dans le simple aspect extérieur (fig. 20, p. 158), soit dans une structure organique (fig. 2) ; elle peut relever de l'adaptation statistique, comme dans les exemples cités plus haut ; elle peut aussi n'avoir aucun rapport avec une similitude des conditions de milieu : des Limaces rappellent des Nudibranches ; des Foraminifères microscopiques copient toutes sortes de coquilles de Mollusques ; ce sont des rencontres de hasard, le nombre des formes possibles étant limité (1). La convergence est l'ennemie particulière des biologistes qui recherchent les affinités ; elle leur a fait commettre des erreurs considérables de classification ; on a placé autrefois les Cétacés parmi les Poissons ; l'ordre des Palmipèdes réunissait jadis tous les Oiseaux à pattes palmées (sauf les Flamants), ce qui était fort commode, mais tout à fait artificiel, car il n'y a pas de parenté entre les Goëlands d'une part, les Canards, Cormorans et Albatros d'autre part ; dans les Echassiers, on rangeait les Grues, les Outardes, les Hérons, les Flamants, les Autruches !

Si les naturalistes arrivent à peu près, sans trop de difficultés, à dépister la convergence dans les ressemblances superficielles simples, ils sont beaucoup moins sûrs de leur doctrine quand il s'agit d'organes internes, sur lesquels ils se basent justement pour établir les vrais rapports de parenté. L'Amphioxus a des protonéphridies à solénocytes typiques, comme beaucoup de Vers et d'Annélides ; faut-il, contre toute vraisemblance, le rapprocher de ces derniers ? Le Nématode et l'Arthropode ont en commun, seuls dans tout le règne animal,

(1) Exactement comme les convergences des cristaux : fluorure de calcium, chlorure de sodium, sulfure de fer ou de plomb cristallisent en cubes.

l'horreur du cil vibratile ; doit-on pour cela en faire un groupe unique ? La possibilité de la convergence est souvent la cause de discussions qui s'éternisent, à propos des types de passage entre grands groupes, par exemple entre Poisson et Batracien, Batracien et Reptile, Reptile et Oiseau, Reptile et Mammifère. Le passage ne se fait pas par des êtres exactement intermédiaires dans toutes leurs parties, ce qui serait du reste inimaginable, mais par des pénétrations successives des caractères du groupe à venir parmi ceux du groupe d'origine, l'ensemble constituant chaque fois un être viable : ainsi les *Ichthyostegalia* du dévonien supérieur (dont malheureusement on ne connaît pas les membres) relient très bien les Poissons Crossoptérygiens aux Stégocéphales tétrapodes du carbonifère ; le *Conodectes* du permien inférieur du Texas est probablement un Stégocéphale à caractères reptiliens ; les Reptiles Cynodontes et Ictidosauriens du trias ont de très nombreux traits mammaliens ; *Tritylodon* du rhétien de l'Afrique australe, considéré comme le plus ancien Mammifère connu, porte les marques d'une origine reptilienne, ainsi que les Monotrèmes actuels. Pour les uns, ces interpénétrations de caractères de groupes différents ont la signification de passages réels ; pour d'autres, ce sont de trompeuses convergences ; ces derniers en arrivent même à ne plus trouver aucune preuve d'évolution et tendent comme Vialleton vers un néo-fixisme.

La question du mimétisme, c'est-à-dire de la ressemblance frappante, et comme faite pour tromper, entre deux espèces non parentes, est très difficile à poser clairement, par suite de la possibilité de convergences fortuites ; dans la théorie utilitaire bien connue de Bates et de Wallace, l'évolution de l'espèce copiante a été conditionnée par l'existence préalable d'un modèle bien défendu et de prédateurs ; dans le cas de convergence, il n'y a ni copie ni modèle, mais des évolutions

pigmentaires parallèles (le nombre des combinaisons étant limité), qui peuvent se produire aussi bien dans le même milieu que dans des pays différents ; dans le premier cas, on dit mimétisme et on échafaude une théorie explicative ; dans le second cas, on dit convergence.

L'invention. — L'invention *humaine* est quelque chose de nouveau, la solution originale d'un problème, qui résulte souvent d'une transformation progressive (genèse de la roue, de l'automobile) ou d'une intuition, d'un brusque groupement d'idées (invention de la hache, du nœud plat ou en rosette, de la fermeture-éclair). Cet ajustement d'éléments séparés, répondant à une fin déterminée, a été voulu par un être hautement organisé (1).

Quand on contemple un outil d'homme, on sait qu'il a été inventé, son invention étant récente ou se perdant dans la nuit des temps, parce qu'on juge qu'il n'a pas été réalisé par hasard.

Chez les êtres vivants, on constate l'existence d'organes, dont le parallélisme avec les outils d'homme, en tant que but atteint, est évident (voir p. 39, 194, 210). Est-ce qu'on peut les traiter aussi d'inventions, bien qu'on ne voie ni le cerveau créateur ou instrument d'invention ni l'artisan qui transforme l'idée en acte ? C'est la question capitale que je traite dans d'autres parties de ce livre.

Mécanicisme. — Le mécanicisme est une doctrine affirmant que tous les phénomènes de la Nature sont sus-

(1) Les animaux ne fabriquent pas d'outils indépendants de leur corps. On a renoncé à chercher un critérium anatomique, cérébral ou autre, pour séparer les Préhommes — en somme des Anthropomorphes — de l'Homme (*Homo faber*). Le seul critérium valable est psychologique : c'est la fabrication d'outils.

ceptibles d'une explication causale *complète*, dans le genre de l'explication causale ou raison suffisante de l'arc-en-ciel, du mouvement des astres, des réactions chimiques ; le terme est rigoureusement synonyme de *monisme matérialiste*, le matérialisme étant l'explication du supérieur ou du plus complexe par l'inférieur ou le plus simple (A. Comte) : ainsi du physique se déduit l'organique (biologie mécanistique), de l'organique le psychique (behaviorisme ou psychologie sans âme), du psychique le social (psychologie des foules), etc. Le positiviste pour qui la science ne comprend que des relations de légalité, la certitude n'étant acquise que par l'expérimentation, est forcément moniste.

Bien entendu, le mécanicisme proclame qu'il n'y a aucune différence de nature entre les phénomènes de la vie et ceux de la matière : tout est mouvement d'ondes ou mouvement d'atomes : les formes, les instincts, la conscience, la pensée, doivent s'expliquer mécaniquement, de même que l'évolution, résultat sans but ni dessein du jeu des lois naturelles ; les causalités s'enchaînent inéluctablement dans un Temps sans commencement ni fin, et l'avenir des phénomènes célestes et terrestres, aussi bien que celui des manifestations vitales, les plus insignifiantes comme les plus élevées, est rigoureusement déterminé par le présent. On a souvent dit que si l'état du monde était parfaitement connu à un moment déterminé, on pourrait en déduire avec sûreté ce qui se passerait au moment suivant, et l'on a fait sur ce thème de jolis développements littéraires ; il est superflu de dire qu'une extrapolation aussi gigantesque est dépourvue de tout sens réel.

En Biologie, le mécanicisme a pour caractère essentiel d'être *dogmatiquement atéléologique* (le sens de ce dernier mot apparaîtra clairement lorsque nous aurons défini rigoureusement le hasard et la finalité) ; il se refuse de parti pris à admettre l'action dans le Cosmos

d'une Intelligence ordonnatrice ; il est définitif comme une négation.

Mettant à part ce point de dogme, les matérialistes que j'appellerai libéraux (1) reconnaissent que les méthodes de synthèse de la cellule sont entièrement différentes de celles du chimiste organicien et que la chimie vitale, directement électronique, ne se confond pas avec la chimie atomique et moléculaire que l'Homme a créée.

Téléologie. — Le mot téléologie (étude des fins, de τέλος), comme beaucoup de termes philosophiques, est pris dans plusieurs sens ; il est souvent synonyme du finalisme radical tel que l'a formulé Leibniz, le Cosmos étant agencé par un Pouvoir supérieur pour réaliser des fins voulues. L. J. Henderson, dans son livre *L'ordre de la Nature*, tout en reconnaissant cet arrangement qui donne à l'Homme l'impression d'harmonie et de stabilité, essaie de ne lui attribuer que la valeur d'un fait, dépouillé de toute idée de dessein ; il pense que l'ordre téléologique de la Nature est *biocentrique*, sans se demander comment il se fait qu'il soit ainsi. Bergson (*Les deux sources...*, p. 274) va plus loin, en admettant que c'est l'Homme qui est la raison d'être de la Vie sur notre planète.

Je me servirai du mot dans le sens de finalité intentionnelle, en stricte opposition à mécanicisme.

Vitalisme. — Vers le milieu du XVIIe siècle, Descartes conçut que la Vie n'est pas autre chose qu'un processus physico-chimique et que l'être vivant est analogue à une machine montée, une montre par exemple ; cependant il admet que chez l'Homme il y a deux « substances »

(1) J. Duclaux, dans la préface du *Traité de Chimie physique appliquée à la Biologie*, Paris, Hermann, 1934. — Voir aussi G.-E. Guye.

distinctes : le corps divisible et périssable, l'âme indivisible et pensante ; cette dernière assiste en simple spectatrice à ce qui se passe dans le corps. Le médecin G. E. Stahl, en réaction contre le système cartésien de l'animal-machine, place les phénomènes de la Vie sous la dépendance directe de l'âme immortelle, qui raisonne, décide et agit sur les organes-instruments : c'est la théorie *animiste*.

Les êtres vivants diffèrent si largement des corps inanimés par les facultés d'assimilation, d'auto-régulation, de reproduction, qu'on a cru nécessaire, pour expliquer la coordination organique, d'imaginer un « principe » impondérable, la *force vitale* ou *énergie biotique*, sorte de démon intérieur, tenu pour distinct de l'âme pensante, qui commande les phénomènes ne relevant pas avec certitude de la physique et de la chimie (Cuvier, Joh. Müller, X. Bichat, le chimiste Liebig, Alph. de Candolle, Ecole de Montpellier, Bordeu, Barthez et beaucoup d'autres). C'est la théorie *vitaliste*.

Les progrès considérables de la physiologie, réalisés par l'emploi de la méthode expérimentale physico-chimique, rendirent inutile l'hypothèse de la force vitale, considérée tantôt comme une âme contrôlant téléologiquement le système matériel, tantôt comme une forme spéciale d'énergie unie indissolublement à la substance vivante ; sous l'influence du positivisme d'A. Comte, de Darwin, d'Haeckel, le physiologiste devint profondément mécaniste. Cependant, depuis une cinquantaine d'années, un *néo-vitalisme* très multiforme a surgi : l'apparente unicité des organismes, constituant un tout qui se répare, se règle, s'ajuste au milieu, dont les organes montrent une finalité de fait (voir p. 39) et une coordination dont la complexité nous apparaît chaque jour plus grande, frappa fortement nombre de philosophes et de naturalistes ; d'où une abondante éclosion d'entités ou de principes qui remplacèrent la

force vitale démodée et déchue de son importance physiologique : idée directrice, entéléchie, Gestaltprinzip, Ganzheitfaktor, Ganzheiterhaltung, Planmässigkeit (= purposeful striving), Erfinderseele, immanente Gestaltungstrieb, immanente Entfaltungstrieb, holisme, organicisme, etc., tandis que Bergson demandait à son élan vital, manifestation ou symbole de la divinité, le secret de la variation évolutive et de l'invention adaptée. Mais au fond, sous le flot des verbalismes, il n'y a que deux thèses en présence : le mécanicisme et le non-mécanicisme. Je ne vois aucun inconvénient à conserver le mot de vitalisme pour toute théorie de la Vie qui n'est pas strictement mécaniste et atéléologique, par exemple pour celle qui admet que la Biologie est une science autonome, ayant sa légalité particulière (Eigengesetzlichkeit), combinée avec la légalité physico-chimique de son substratum matériel.

L'élargissement et la déviation du sens a un résultat paradoxal : Claude Bernard, d'abord positiviste, porta de rudes coups à la force vitale ; mais à partir de 1865, il devint vitaliste ; il a dit lui-même (*Leçons sur les phénomènes de la vie*, publiées après sa mort) : « La doctrine que je professe pourrait être appelée le vitalisme physique : » Et ailleurs : « Je serais d'accord avec les vitalistes s'ils voulaient simplement reconnaître que les êtres vivants présentent des phénomènes qui ne se retrouvent pas dans la matière brute, et qui par conséquent leur sont spéciaux. J'admets en effet que les manifestations vitales ne sauraient être élucidées par les seuls phénomènes physico-chimiques connus dans la matière brute ». (*Introd. à l'étude de la méd. expér.*, 1865, 2e partie, chap. I, § 5). Il se range nettement parmi les finalistes : « Dans tout germe vivant il y a une idée créatrice qui se développe et se manifeste par l'organisation. Ce qui est du domaine de la vie dans un poulet qui se développe et qui n'appartient ni à la physique

ni à la chimie, c'est l'idée directrice de cette évolution vitale » (chap. II, § 1). « Les phénomènes vitaux ont bien leurs conditions physico-chimiques rigoureusement déterminées ; mais en même temps ils se subordonnent et se succèdent dans un enchaînement et suivant une loi fixée d'avance, ...en vue d'un résultat qui est l'organisation et l'accroissement de l'individu » (*Leçons*, t. I, p. 50). « Quand on observe l'évolution ou la création d'un être vivant dans l'œuf, on voit clairement que son organisation est la conséquence d'une loi organogénique qui préexiste d'après une idée préconçue et qui s'est transmise par tradition organique d'un être à l'autre... La nature et l'artiste semblent procéder de même dans la manifestation de l'idée créatrice de leur œuvre » (*Revue des Deux Mondes*, 1867, p. 887).

Le hasard. — Le hasard a été étudié d'une façon approfondie par nombre de mathématiciens et de philosophes, mais beaucoup moins par les biologistes malgré son importance considérable pour la compréhension de la Vie. Dans le langage particulier de la philosophie comme dans le commun, on donne à ce mot des sens notablement différents, quoique apparentés.

Les mathématiciens, par exemple Henri Poincaré, Emile Borel, rapportent au hasard tout phénomène dépendant de causes trop nombreuses ou trop petites pour qu'on puisse les connaître toutes et estimer leur valeur : je citerai nommément les jeux où n'intervient pas l'habileté du joueur, jeux de pile ou face, des dés, de la roulette. Bien entendu, le résultat du jet d'une pièce de monnaie, bien qu'il soit imprévisible, est parfaitement déterminé, mais il est impossible de mesurer et de composer les facteurs qui interviennent, angle sous lequel se fait la projection, force qui lance, résistance de l'air, etc. ; comme on sait, ce jeu est susceptible d'une prévisibilité statistique : si une pièce est jetée en

l'air un grand nombre de fois, disons 1.000, il est certain qu'il y aura à quelques unités près 500 pile et 500 face, l'erreur étant d'autant plus petite en valeur relative que le nombre des jets sera plus grand. On dit que les deux solutions, pile ou face, sont également probables, ou que leur probabilité est $\frac{1}{2}$, ou encore qu'il y a postulat d'indifférence des coups successifs.

Si l'on jette sur la table un dé bien fabriqué, il y a chance égale pour chacune des six faces ; la probabilité est donc de $\frac{1}{6}$ (1). Si l'une des six faces apparaît plus souvent que les autres, c'est que le dé est pipé ; mais on ne pourra l'affirmer qu'après un *grand* nombre d'expériences *concordantes*, car il est possible (bien que ce soit moins probable) que la face 2, par exemple, sorte n fois de suite, la probabilité d'un tel événement étant de $\frac{1}{6^n}$ On a vu, paraît-il, à Monte-Carlo, un même numéro (je crois plutôt la même couleur) sortir 16 fois de suite ; c'est bien le phénomène le plus extraordinaire que l'on puisse rêver, tant la probabilité en était petite.

Le fait que tel atome explose dans un corps radioactif, et non tel autre, est analogue à ce qui se passe dans un jeu de hasard ; comme dans celui-ci, la prévision statistique est parfaite ; on sait que dans un gramme de radium la moitié se désagrégera dans l'espace de 1600 ans et que l'autre moitié se conservera.

Renan et Henri Poincaré donnent encore comme exemples de hasard la production de grands effets par des causes insignifiantes : il est classique de citer dans cet ordre d'idées la mort de Gustave-Adolphe, tué à Lutzen d'une balle de mousquet, la pierre dans la

(1) Pas tout à fait ; les faces 4, 5, 6 se placent en dessus un peu plus souvent, parce que plus légères que 1, 2, 3, qui sont moins excavées.

vessie de Cromwell, les incidents du début de la carrière de Bonaparte, et beaucoup d'autres événements historiques.

La définition de Cournot (1851) est la plus compréhensive : le hasard est le résultat du croisement de séries causales indépendantes ; exemple : un passant est tué dans la rue par la chute d'une tuile. Il est évident qu'il n'y a aucune solidarité, aucune dépendance entre les causes qui ont déterminé l'arrachement de la tuile et celles qui ont fait sortir le promeneur, pour l'amener devant la maison au moment précis où la tuile tombait ; remarquons que cette rencontre de séries causales qui se déroulent dans le même temps et au même lieu peut avoir des conséquences considérables ; le passant assommé pouvait être un homme d'Etat important, dont la mort entraîne des changements politiques, des guerres, etc...

Les coïncidences, qui frappent si vivement l'esprit du vulgaire, sont bien entendu un effet de hasard : ainsi Kléber et Desaix, frères d'armes, moururent le même jour, presque à la même heure, l'un en Egypte, l'autre à Marengo (14 juin 1800).

On a parfois invoqué des hasards très rares pour rendre compte de phénomènes astronomiques ou pour expliquer l'apparition de la Vie sur la Terre : une théorie cosmogonique qui n'est pas invraisemblable attribue la naissance de notre système planétaire à une formidable marée solaire, déterminée, il y 2 milliards d'années, par une étoile dont l'orbite hyperbolique passa au voisinage du Soleil ; beaucoup de biologistes admettent que dans certaines conditions de composition chimique de l'atmosphère, de température, de radiation ultra-violette, qui n'ont été réalisées qu'après la condensation des océans, il a pu se former graduellement des molécules dyssymétriques d'une extrême complexité, douées de propriétés singulières que nous appe-

lons vitales, et qui seraient à l'origine des êtres vivants.

Les différents sens du mot hasard que nous venons de définir (jeu, coïncidences, rencontre de séries causales) ont en commun l'imprévisibilité complète de l'événement isolé, parce qu'il y a un très grand nombre de possibles pouvant se manifester ; mais quand on dispose de grands nombres, obtenus dans des conditions similaires, on constate une certaine prévisibilité statistique : dans une grande ville, les nombres des suicides, des lettres mises à la poste sans adresse ou des accidents d'automobiles pendant les fêtes, sont à peu près toujours les mêmes d'une année à l'autre ; j'imagine qu'il y a à Lourdes un certain pourcentage annuel de guérisons improbables.

La notion de hasard naît dans l'esprit de l'Homme qui assiste à un jeu ou qui est témoin d'un accident ; dans le jeu il est frappé par une série plus ou moins longue de la même couleur ou du même nombre, alors qu'il s'attendait à une espèce d'ordre vaguement alternant ; l'accident rare le surprend parce qu'il constitue une infraction à la marche habituelle des choses ; aussi il tend, au moins verbalement, à imaginer une Puissance, proche parente des Esprits magiques, qu'il estime capable de modifier la suite normale des causalités : c'est la chance, la veine, la déveine, le destin (*fatum*), la bonne ou mauvaise fortune ; démon maléfique ou bienfaisant que le superstitieux cherche à se concilier ou à neutraliser par des moyens magiques (fétiches, mascottes, gris-gris).

Quel est le contraire du hasard ? Tout le monde répondra : c'est l'événement rigoureusement prévisible (1), ou encore le phénomène si clairement déter-

(1) Aristote oppose le hasard à la Nature, c'est-à-dire à l'ensemble des choses qui se produisent suivant des lois ; c'est pour cela que l'idée de hasard est considérée par Bergson comme proche parente de l'idée de désordre. A mon sens, la différence entre le hasard pur

plan d'un outil lui permettant d'effectuer le travail qu'il a en vue ; il réalise l'outil en employant les matériaux convenables et en guidant la mise en œuvre de ceux-ci. La représentation de l'outil, c'est-à-dire du but ou de la *fin* à atteindre (Zweck, end, purpose) avant que l'ouvrier ait exécuté quoi que ce soit, et aussi le besoin de l'outil, avant que celui-ci ait été imaginé, ont joué un rôle dans sa production ; l'outil a donc des causes psychiques, extérieures à lui, dans lesquelles nous reconnaissons une *intention* et une *invention* ; il y a préexistence sous forme d'idée de l'outil à réaliser, préordination de la puissance à l'acte. La notion du tout est antérieure aux parties, qui n'ont de sens qu'intégrées dans l'idée générale de la machine ; l'outil étant destiné à jouer un rôle, à remplir plus ou moins bien une fonction qui est sa *fin*, est dit *finalisé* ou *intentionnel* (purposeful, purposive).

Dans l'exemple de l'outil, la finalité nous apparaît donc comme la détermination d'un objet par son concept (définition de Kant, modifiée par Hamelin), ou comme le caractère de ce qui tend vers un but (Zweckhaftigkeit) ; Goblot (1922) appelle *final* tout processus dans lequel la nécessité d'un fait est la cause initiale de son apparition. Le mot est exactement synonyme des termes allemand et anglais Zweckmässigkeit (= conformité au but), Zielgesetzlichkeit, purposiveness.

La représentation consciente d'un but en vue duquel s'accomplit un acte est la *cause finale* ; par exemple, le désir d'atteindre le centre d'une cible est la cause finale, même pour un tireur médiocre qui ne touche pas la cible. L'être intelligent qui a pensé et voulu l'outil, ainsi que les mouvements nécessaires pour modeler la matière utilisée, sont des *causes efficientes* ; le résultat est l'*invention*. Toutes ces définitions sont sans doute banales (1) ; si je me permets de les rappeler, c'est que

(1) Des philosophes à tournure d'esprit scolastique ont disséqué à l'extrême le concept de cause : outre la cause efficiente, agent externe

nombre de biologistes s'imaginent que par cause finale on attribue à un événement encore dans le devenir une action déterminante sur le présent, ce qui serait en effet étonnant.

Considérons un silex taillé par un de nos ancêtres de la préhistoire; ses facettes, petites ou grandes, lui donnent une forme et des dimensions qui se répètent dans d'autres pierres du même gisement, et qui sont souvent assez caractéristiques pour que la pièce puisse être rapportée à une époque déterminée du quaternaire. Ce silex révèle une invention et une intention de la part d'un Homme; bien que nous ne soyions pas très sûrs de l'utilisation de l'objet, il n'est pas douteux que la pierre a été taillée pour en faire quelque chose, pour remplir une fonction ; c'est un instrument finalisé ou intentionnel.

Mais dans un champ voisin nous trouvons d'autres silex éclatés ; leurs facettes ne concourent pas pour donner une forme définissable ; les dimensions sont quelconques. Nous sommes convaincus, malgré une ressemblance possible avec le silex taillé intentionnellement, que les facettes ont été produites par la gelée ou les chocs de quelque instrument aratoire : *ce silex a été façonné par le hasard.* Ici le hasard signifie donc *exclusion de finalité* pour un objet qui simule une finalité d'une façon plus ou moins approchée ; on peut superposer au hasard un triage, faire un choix dans les cailloux du champ jusqu'à ce que l'on rencontre un silex éclaté rappelant un coup de point chelléen, acheuléen ou campignien ; on hésite alors, comme cela est arrivé sans doute à nombre de préhistoriens. Mais le hasard trié (c'est tout le darwinisme) est toujours du hasard ; la critique le décèle rapidement.

produisant un changement substantiel, ils distinguent la cause exemplaire ou idée de l'œuvre à accomplir (l'exemple), et la cause finale qui est la vision du but.

Cette définition du hasard n'est pas nouvelle ; Aristote rapportait au hasard une rencontre accidentelle qui suggère une intention ; exemples : le fossoyeur qui découvre un trésor, le croisement sur l'Agora de deux esclaves envoyés par leurs maîtres dans des directions différentes. Goblot le dit plus clairement encore : « On ne donne le nom de hasard qu'aux accidents pour lesquels on peut se demander s'ils sont favorables ou défavorables ; et quand on répond par le hasard, c'est qu'on exclut une finalité à laquelle on pouvait songer. » G. Tarde, H. Piéron, Bergson ont pensé également au cas particulier où il y a imitation de finalité : « l'involontaire simulant le volontaire » (G. Tarde), « le mécanisme qui prend l'apparence d'une intention » (Bergson).

Lorsqu'il s'agit d'une forme ou d'un objet qui, peut-être, a été fabriqué par un Homme, un examen critique suffit pour décider s'il y a hasard ou finalité ; exemple : rocher sculpté par l'érosion et dessinant une tête humaine ou une silhouette animale ; mais si la configuration répond à une fonction, à un but atteint plus ou moins parfaitement, on la regarde comme intentionnelle et l'effet d'une intervention humaine. Il est facile de donner une interprétation correcte aux empreintes rapportées par la légende à des pieds de saints, de diables, de chevaux, aux éolithes tertiaires, aux paysages et aux pseudo-empreintes végétales figurés par des dendrites d'oxydes métalliques.

La finalité de fait ou finalité organique. — On rencontre à chaque instant chez les plantes et les animaux des organes ou appareils plus ou moins compliqués qui représentent incontestablement des buts ou fins atteints d'une façon parfaite ; exemples : parachute des fruits de Composées, ailes d'Insecte, d'Oiseau ou de Chauve-Souris, appareils de saut, rame, ancre, crochets, ven-

touses, scie, lime ou râpe, vrille, pince, bouton-pression, bascule, filet et engins de pêche, éjecteur, pile électrique, appareils d'éclairage, cloche à plongeur, flotteur, brosse, boîte à couvercle, rail et rainure de guidage, tenon à mortaise, canule à injection, gaz toxiques, instruments de musique, etc. C'est ce que l'on traduit en disant qu'il y a chez l'être vivant une *finalité de fait* ou *de réalisation*, constatable empiriquement. Je voudrais dès maintenant aller au-devant d'une critique possible : l'outil humain est finalisé et révèle une intelligence créatrice ainsi qu'un travail d'artisan ; or, si j'emploie des noms d'outils pour des organes simples de vivants, comme ceux que je viens d'énumérer, et celui d'invention pour leur apparition chez un type donné, n'est-ce pas, par une sorte de jeu de mots, préparer une confusion favorable à la thèse d'une finalité intentionnelle ? Mais comment pourrais-je dire autrement ? Une pince de Crabe est tout de même une pince, une mâchoire de Sangsue une scie, une radula de Natice une râpe ! Je définis l'outil, comme on le fait effectivement dans la vie quotidienne, par le but atteint et non par son mode de formation ; c'est mon excuse pour l'emploi du terme invention, tandis que celui d'apparition n'exprime que le fait concret.

La finalité naturelle n'est pas une interprétation théorique ; c'est le plus incontestable des faits. Le plus convaincu des positivistes ou des mécanicistes l'affirme implicitement quand il parle des *organes* d'une machine, des ailes d'un avion, du diaphragme-iris d'un microscope, quand il donne au sous-marin la forme d'un poisson, quand il recherche l'homochromie des uniformes de guerre ou en hiver se revêt de fourrures. Reconnaître la finalité de fait n'est aucunement souscrire à une métaphysique ou à un finalisme quelconque ; c'est rester dans le domaine de la pure observation. Von Baer, pour qui l'existence de fins dans la Nature

est certaine, tandis que celle d'un dessein conscient est illusoire, appelle la finalité de fait Zielstrebigkeit, tendance ou effort vers une fin. Deux citations de philosophes montreront qu'il y a bien accord entre eux et les naturalistes. Goblot écrit : « Nier la finalité organique, c'est le plus audacieux des paradoxes. Il faudrait une étrange obstination à fermer les yeux à l'évidence pour nier la finalité dans les phénomènes de la vie. Ce que la vie ajoute à la matière, c'est la finalité, qui ne se substitue jamais, mais se superpose à la causalité. » Baudin (*Précis de logique*, 1938, p. 350) est plus absolu encore : « De la cellule aux animaux et aux végétaux les plus complexes, la vie est finaliste par là qu'elle est sous toutes ses formes organisation et adaptation de moyens à des fins : tissus, organes, fonctions et phénomènes ont pour premier sens et pour première raison d'être leur utilité, leur aptitude à entretenir et à sauver la vie de l'individu et de l'espèce. *Scientifiquement, finalité signifie organisation et adaptation, et ne signifie pas autre chose.* »

Comprendre ou expliquer la finalité organique est le problème central de la Biologie, et même celui de la philosophie ; c'est à ce sujet que les biologistes se divisent en deux écoles, chacune ayant la certitude intime de la solidité intangible de ses fondations, ce qui ne laisse aucune possibilité d'accord ; il faut choisir entre elles.

Pour les mécanistes, la finalité de fait doit s'expliquer comme un phénomène quelconque de la Nature inanimée, sans faire intervenir aucun « principe » occulte ; par exemple des hasards heureux et rares de la variation ont pu être triés et comme dirigés par quelque processus utilitariste (1), de sorte que l'organe

(1) Le mot utilité est encore à contenu finaliste ; dans un monde physico-chimique pur, rien n'est utile à rien. Parler d'utilité, c'est attribuer à la *continuité* de la Vie une valeur ; cela se comprend en ce qui nous concerne, mais non quand on envisage l'Univers.

nouveau, même s'il paraît jouer un rôle quelconque, ne répond sûrement pas à une nécessité, et n'est voulu d'aucune façon (1). Ce serait donc par confusion de mots ou pauvreté de langage que l'on rapprocherait la finalité intentionnelle d'un outil humain de la finalité de fait des organes animaux et végétaux. Cette thèse mécaniste est essentiellement atéléologique ; son fond métaphysique est le monisme haeckelien, philosophie matérialiste de l'Unité ; elle admet que l'Homme, fragment de l'évolué, est capable par sa raison de comprendre le monde d'une façon totale, sans résidu.

Mais quelques biologistes ne sont pas entièrement satisfaits par la sèche clarté du mécanisme universel ; il leur paraît que le hasard pur, même trié par l'utilité, ne rend pas compte de l'organisation et de l'invention ; ils pensent alors à introduire dans l'organique un *anti-hasard* (2), facteur non spatial comparable à une sorte d'intelligence, à l'esprit de création artistique ou artisane, de sorte qu'il y aurait un lien spirituel entre les outils créés par l'Homme et ceux de la Nature. Ces biologistes sont qualifiés — un peu dédaigneusement — de finalistes, ou pis encore de « cause-finaliers ».

La divergence des deux écoles se manifeste nettement dans leur langage ; le mécaniste dira empiriquement : l'Homme voit parce qu'il a des yeux ; l'Oiseau vole parce qu'au cours des âges les pattes antérieures

(1) C'est la pensée de Lucrèce, admirateur d'Epicure : Aucun organe de notre corps n'a été créé pour notre usage ; mais c'est l'organe qui a créé l'usage (*De rerum natura*, trad. Ernout, 2, 1920, p. 163). — Saint Thomas d'Aquin, à titre d'exemple de la doctrine mécaniste des philosophes grecs, cite la phrase suivante : La nature n'a point taillé les dents pour les diverses utilités qu'elles présentent, mais les dents s'étant trouvées, par un arrangement fatal, prendre telle ou telle forme, il en est résulté telle ou telle utilité (*Comm. in Phys.*, l. II, lect. XII).

(2) Expression d'Eddington. — Breysig appelle *mi-hasard* (Halbzufall) la force directrice qui se manifeste dans le déroulement des événements organiques.

de ses ancêtres bipèdes se sont étalées en ailes, dont il use ; les hasards de l'évolution ont, chez les Mammifères, transformé des glandes sébacées en glandes mammaires dont la sécrétion, par fortune, convient parfaitement à la nutrition des petits, qui ont l'instinct inné de sucer les mamelons. Yeux, ailes, mamelles se sont développés par petites étapes, sans doute par le procédé lent et sûr de la sélection naturelle ; ce ne sont pas des buts, mais des résultats de hasards triés. Je citerai encore le texte d'un mécaniste : le vol est une propriété, conséquence d'un ensemble de données mécaniques *accidentellement* réunies : 1° plumes formant expansion ; 2° légèreté du corps ; 3° rapport convenable entre la puissance motrice et la masse inerte à enlever et à propulser (Matisse, *La question de la finalité*, II, p. 34). Et voilà pourquoi l'Oiseau vole !

Le finaliste dira métaphysiquement : l'Homme a des yeux *pour* voir ; l'Oiseau a des ailes *pour* voler ; la femelle du Mammifère a des glandes mammaires *pour* nourrir ses petits. Ce simple mot « *pour* » sépare deux conceptions opposées et même hostiles (1) ; il signifie

(1) Il n'est pas rare que des savants d'opinions opposées se reprochent avec âpreté « leurs métaphysiques » ; le mécaniciste pense que la croyance vitaliste freine la recherche et cite par exemple Driesch qui, paraît-il, a cessé de travailler l'embryologie après avoir conçu l'entéléchie ; le finaliste estime que le mécaniciste tend à minimiser les faits qui ne s'accordent pas avec ses explications simplistes et cite par exemple Jacques Loeb au sujet des tropismes. Un biologiste français, auteur d'excellents articles de mise au point, mais qui est évidemment très anti-finaliste, s'est moqué de la prétendue fonction refroidissante des glandes sudoripares ; elle relèverait d'un très naïf finalisme, digne de Bernardin de Saint-Pierre ; je me permettrai de continuer à croire qu'un homéotherme, quand il est menacé d'échauffement, peut détruire son excès de chaleur par une production réglée de froid (variable thermolytique de Lefèvre), que ce soit par évaporation pulmonaire et polypnée comme chez le Chien et le Mouton, ou évaporation de la sueur, comme chez l'Homme.

La confusion philosophique est surprenante : dans un ouvrage antérieur, j'avais cité le cas de la Douve du foie comme exemple de complication inutile et absurde du développement, puisque sur

que l'organe s'est développé en vue d'un but, d'une fin, c'est-à-dire qu'il est la réalisation d'une invention ou d'une intention, ce qui revient au même.

Mais ces mots de fin, de finalisme, de cause finale, ne sont-ils pas tout à fait désuets, et ne répondant à rien qui ait sens, ne doivent-ils pas être bannis d'un langage biologique qui veut rester scientifique ? Sans doute, il y a bien des déductions finalistes trop hardies qui sont maintenant périmées, et nous le montrerons largement dans les pages suivantes ; mais le problème posé par la finalité organique existe toujours ; la question est de savoir s'il est résolu par l'appel au dieu Hasard. Quelques citations de philosophes et de savants, d'assez bonne compagnie, me paraissent prouver qu'une opinion toute différente est encore défendable :

Voltaire : Je serai tenté de prendre pour un délire de fièvre chaude l'audace de nier les causes finales de nos yeux.

Littré reconnaît qu'il y a dans l'œil une appropriation incontestable de moyens à une fin.

Kant : On peut soutenir hardiment qu'il est absurde d'espérer que quelque nouveau Newton viendra un jour expliquer la production d'un brin d'herbe par des lois naturelles auxquelles aucun dessein n'a présidé (*Critique du jugement*, II, 1846, p. 77).

Schopenhauer : Nier la finalité dans les œuvres de la nature paraît « monstruosité, étroitesse de vue, igno-

5 milliards de descendants possibles, il n'y en a qu'un qui réussit à passer à travers le réseau des difficultés accumulées sur sa route ; on a compris que j'avais cité ce fait comme une adaptation réussie à la vie parasitaire ! — Très souvent des auteurs, et non des moindres, croyant que finalisme signifie absence de causalité, s'imaginent qu'ils ont exorcisé la finalité lorsqu'ils ont défini quelque condition déterminante d'un phénomène ! — D'autres, surtout parmi les jeunes, s'excusent presque de rechercher la fonction possible d'un dispositif organique, et mentionnent avec soin qu'ils sont éloignés des idées finalistes ! Il est évidemment très mal porté d'être suspect de finalisme.

rance complète de la nature, sottise de ceux qui sur l'autorité de Spinoza repoussent les causes finales » (*Le Monde comme volonté...*, t. 3, p. 153).

Le Roy, philosophe : Prétendre que l'homme voit, tout simplement parce qu'il se trouve par hasard muni d'yeux appropriés, c'est une insoutenable gageure.

G. Lippmann, physicien : Ce qui me paraît différencier surtout la biologie de la physique, c'est qu'au sein des êtres vivants nous avons des « appareils » (pompes, canaux de circulation, instrument d'optique, etc.), en un mot des organes, tandis que dans le reste de la nature inorganique, nous voyons seulement des « phénomènes ». C.-E. Guye, qui rapporte ce propos de Lippmann, ajoute : « Mais alors, qui dit organe, dit but et qui dit but dit finalisme. » (*Les frontières de la physique...*, 1936, p. 111).

Ch.-Eug. Guye, physicien : Il ne suffit pas d'invoquer les lois du hasard pour bannir de l'évolution vitale tout finalisme. Il semble, au contraire, qu'on soit obligé de lui faire une certaine place sous une forme ou sous une autre, qu'on l'appelle finalisme, élan vital, âme, principe organisateur. La construction d'un œil dans un organisme, comportant la continuation d'une évolution toujours dans le même sens, ne peut être expliquée par les lois du hasard (*L'évolution de la physico-chimie*, 1922, p. 107).

Lecomte du Noüy, bio-physicien : Ce qui me paraît surtout différencier la biologie de la physique, c'est que la Vie ait abouti à la pensée, laquelle a créé la biologie et la physique (*L'homme devant la science*, 1939, p. 221).

Leo Errera, botaniste belge, fervent rationaliste : Prétendre qu'il n'y a pas de finalité, mais seulement l'effet du hasard, c'est violenter les faits les plus clairs. C'est la politique de l'autruche qui s'imagine que la difficulté a disparu parce qu'elle se refuse à la voir. Com-

ment concevoir que les forces aveugles de la nature donnent naissance à un organe qui semble fait pour sa fonction ? - La plupart des particularités d'une plante répondent si bien à ses besoins (les détails des structures florales en offrent, entre autres, une preuve éclatante) que l'impression produite sur notre esprit est celle d'une machine construite exprès pour un but déterminé.

Gagnebin, géologue suisse : Dès que l'on envisage un être vivant comme tel, la notion finaliste intervient inéluctablement ; pouvons-nous étudier un œil sans penser qu'il est fait pour voir et que la cécité est une anomalie, un mal ?... Le fait que la vie est décomposable en phénomènes physico-chimiques n'enlève rien à cette notion que la vie est le résultat d'une organisation ; une organisation est une machine ; une machine ne peut être le fruit du hasard (*Scientia*, 1930, p. 301).

Conklin, zoologiste américain : Entre un dessein de l'Homme et la finalité des organismes, il ne peut y avoir de différence fondamentale. — Le développement est vraiment le plus parfait exemple de téléologie de la nature entière (*Amer. Natur.*, 63, 1929, p. 31 et 34).

R. Broom, paléontologiste : Il me paraît difficile d'éviter de conclure que, derrière les agencements pour la fertilisation croisée des fleurs et pour la dispersion des graines, il y a quelque force intelligente (*Les origines de l'homme*, 1934, p. 213).

Ch. Richet, l'illustre physiologiste : Ce serait, à mon sens, tomber dans un excès fantastique d'absurdité que de supposer qu'il n'y a pas un rapport de cause à effet entre l'œil et la vision. Ce n'est pas par hasard que l'œil voit... l'œil est fait pour voir. L'adaptation de l'organe à la fonction est tellement parfaite que la conclusion s'impose d'une adaptation non fortuite, mais voulue (*Le problème des causes finales*, 1903, p. 6). — Il n'y a pas moyen de comprendre et d'enseigner la physiologie, si

l'on n'admet pas quelque volonté, quelque impulsion du Destin pour assurer la sécurité des individus et de l'espèce. C'est là ce qu'on peut appeler la finalité restreinte, c'est-à-dire l'adaptation des organismes à la vie... Tout se passe donc comme si le Destin, c'est-à-dire la Loi, avait voulu non seulement la vie, mais encore l'intelligence... Je n'oserais dire qu'il y a un but, une finalité. En tout cas, je suis forcé de dire que c'est un *résultat*... Supposer que ce résultat est dû au hasard et qu'il n'y a pas derrière toute cette tenace évolution morphologique une tendance à une plus grande somme d'intelligence, cela me paraît absurde (*La Nature*, 1935, p. 346).

Si j'ai groupé ces citations, entre beaucoup d'autres de même tendance, ce n'est pas pour faire appel à l'argument d'autorité, encore qu'il ne soit pas négligeable, mais pour mettre hors de doute l'existence du problème à résoudre, ou tout au moins à examiner.

Les finalismes. — Nous avons défini plus haut la finalité intentionnelle de l'outil humain, puis la finalité organique ou de fait ; il nous reste à préciser ce qu'on entend par finalisme. Il ne présente pas le caractère d'unicité et de clarté négative du mécanicisme ; il est pour ainsi dire à degrés, ce qui est une source de confusions sans nombre de la part des critiques.

Est simplement suspect de finalisme celui qui emploie les expressions « énignes ou mystères de l'Univers et de la Vie », celui qui parle de la puissance créatrice de la Nature, de l'inquiétude humaine, ou même celui qui renvoie à un lointain avenir le soin de décider si l'on pourra comprendre la Vie d'une façon exclusivement physico-chimique (Przibram) ; car c'est *admettre la possibilité* d'une explication autre que le mécanicisme radical, d'un dessein que l'Homme est contraint de reconnaître.

Est pleinement finaliste celui qui attribue l'origine de l'Univers, l'ordre et l'évolution de celui-ci à une Cause supranaturelle, l'Intelligence ordonnatrice d'Anaxagore, le Démiurge de Pythagore et de Platon, la *Mens Universi* des Stoïciens, l'horloger impassible de Newton, de Voltaire et de Lamarck, le *Deus fabricator*, le Super-ouvrier, l'Auteur de la Nature, la Cause première (*principium sui* de la scolastique) ou Cause des causes, la Providence, etc... L'humanité, pour désigner cet Etre transcendant, qui crée continûment, a épuisé les épithètes affectives ou laudatives ; tous les peuples y ont cru et ont cherché à le comprendre et à se le figurer, le plus souvent sous les espèces d'un grossier anthropomorphisme ; pour certains, ces représentations, au cours des âges, se sont de plus en plus épurées, c'est-à-dire sont devenues de plus en plus inconcevables. Cette Raison créatrice étant auteur de la Nature, ayant posé ses lois, tout ce qui se passe dans celle-ci est une émanation de sa volonté ; en d'autres termes les causes secondes sont enchaînées et leur action est telle que des fins voulues sont immanquablement produites ; cette finalité théistique ou providentialiste transpose donc sur un plan transcendant l'activité consciente de l'Homme ; aussi garde-t-elle un aspect anthropomorphique et souvent anthropocentrique.

Quel que soit le choix que dans son for intérieur, un biologiste est incliné à faire, il est évident que cela ne retentit en rien sur son travail scientifique ; le mécaniste et le finaliste constatent les faits par les mêmes méthodes, en acceptant dans leur plénitude le déterminisme physico-chimique des phénomènes vitaux ; ce n'est que l'interprétation spirituelle qui diffère ; pour le premier, dogmatiquement atéléologique, tout est hasard ou effet des règles du non-hasard, sans but ni dessein (voir p. 28) ; le second, mal satisfait par l'appel continu à l'aveugle hasard, croit à une téléologie, à l'interven-

tion de l'anti-hasard ; pour lui le vivant n'est pas que matière complexe ; il renferme un facteur spirituel immanent, ne faisant qu'un avec la Vie (par exemple l'*idée directrice* de Claude Bernard) ; le pouvoir de ce facteur s'exerce dans le sens de la conservation et de la diversification de la Vie, l'individu et l'espèce n'étant temporairement protégés qu'à titre de porteurs de la propriété de vivre. Pour les uns, cette croyance est une intuition qu'ils ne veulent ou ne peuvent préciser, soit par humilité, soit par timidité métaphysique ; mais pour les finalistes intégraux, elle est une affirmation dogmatique, si bien que le mot de hasard n'a pour ainsi dire plus de sens, puisque tout est voulu, directement ou indirectement. Aux uns comme aux autres, le pur monisme matérialiste apparaît comme un développement arrêté ; il a déblayé un édifice ruineux, mais entouré des matériaux épars, il ne se décide pas à rebâtir.

J'ai dit plus haut qu'il fallait choisir entre mécanisme et l'un quelconque des finalismes ; cependant un biologiste peut déclarer que les questions philosophiques, pour autant qu'on en pose, ne l'intéressent pas du tout, parce qu'il ne voit pas de moyen pratique de trouver une réponse ; il se refuse à discuter de tels sujets et à se ranger dans une catégorie en « *iste* », étant suffisamment occupé avec l'apparence sensible des vivants. C'est peut-être un sage, mais il manque de curiosité.

Je suppose qu'il y a d'autres naturalistes qui n'ont pas cette phobie de la métaphysique et qui ne se refusent pas à peser les arguments pour ou contre les « *ismes* » qui se présentent à eux. Nous donnerons d'abord la parole au mécanicisme.

DEUXIÈME PARTIE

LE MÉCANICISME

Toute grande conception métaphysique comprend deux parties : l'une destructive ou critique de la métaphysique opposée, l'autre constructive visant à la compréhension des faits. Nous commencerons logiquement par la première.

Attaque du finalisme providentialiste.

Le finalisme radical, théistique ou providentialiste, vaste conception qui embrasse l'Univers entier, depuis les faits astronomiques jusqu'au plus humble détail des êtres, a d'abord été attaqué dans des corollaires qui paraissaient en découler naturellement ; il est incontestable que l'interprétation finaliste immédiate ou supposée a été refoulée à maintes reprises de territoires imprudemment occupés.

La Terre, loin d'être le centre du petit monde clos et borné des Anciens fait à notre chétive mesure, n'est qu'une modeste planète parmi d'autres qui circulent autour du Soleil (Copernic) ; notre système solaire, qui flotte dans une galaxie mesurant au moins 50.000 années-lumière et comptant une centaine de milliards d'étoiles analogues au Soleil, ne se trouve pas au centre de la lentille constituée par la Voie lactée, mais près du bord (Shapley), c'est-à-dire qu'il n'a pas une position privilégiée. Il y a des millions d'autres galaxies, ce qui donne l'idée de l'immensité de l'espace.

Le mécanicisme a eu facilement raison du « principe vital » ou « force vitale » si cher aux savants de la période post-cartésienne ; ils admettaient que la matière vivante était mue par un « principe » immatériel qui n'était pas une forme d'énergie (voir p. 30) : facteur de régulation, de direction, de réparation, il vivifiait les aliments qu'absorbe l'organisme, il augmentait lors de la croissance, se transmettait aux germes sans se diminuer, et s'évanouissait au moment de la mort sans laisser de trace (Johannes Müller, 1833). C'est le type de l'entité inutile, puisque tout ce qu'on lui demande se ramène obligatoirement à des effets de l'organisation, à des phénomènes physico-chimiques ; Lavoisier, Magendie et son élève Claude Bernard, les propres élèves du vitaliste Müller (Théodor Schwann, son assistant, puis Du Bois-Reymond, Helmholtz, Carl Ludwig) et bien d'autres le montrèrent avec force. Il y a en effet un incontestable parallélisme entre les propriétés dites vitales et les phénomènes moléculaires et atomiques : la vitesse de dissociation et celle des réactions chimiques s'annulent pratiquement, sauf de rares exceptions, aux très basses températures ; de même les organismes les plus simples (spores, pollen, graines, bactéries), s'ils ont été préalablement desséchés à fond, peuvent supporter longtemps les températures les plus basses que l'on puisse produire (— 270°), tandis que le brassage moléculaire consécutif à l'agitation thermique aboutit entre 100 et 200° à transformer d'une façon irréversible le complexe organisé. L'irradiation par rayons de courte longueur d'onde (ultra-violets, rayons X ou γ) provoquent sur des corps inertes des réactions chimiques importantes, sans qu'il soit nécessaire d'élever la température ; sur des corps vivants, ils secouent les édifices moléculaires et produisent des changements parfois assez intenses pour amener la mort. Un grand nombre de substances qui

se forment dans les organismes ont pu être obtenues *in vitro* (synthèse de l'urée par Wöhler en 1828, synthèse récente de plusieurs hormones de constitution simple, entre autres de la thyroxine, et de presque toutes les vitamines) ; le pouvoir rotatoire n'est pas lié à la vie, mais à la présence d'un atome de carbone asymétrique, et l'on a pu créer au laboratoire des sels d'ammonium

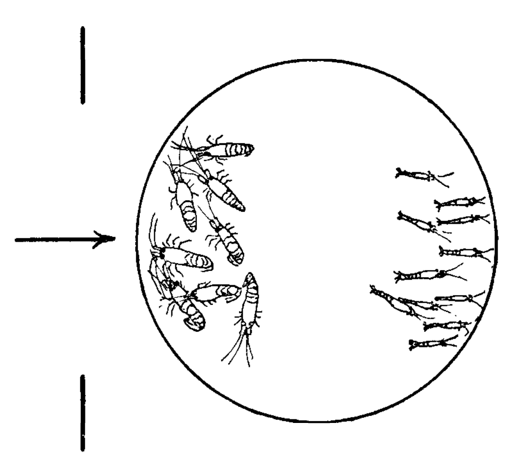


Fig. 3. — Phototropismes négatif et positif : projection horizontale d'un cristallisoir, dans lequel ont été placés en mélange des *Leander serratus* et des *Hippolyte varians* ; la flèche indique la direction de la lumière. Un quart d'heure après, les animaux sont partagés en deux groupes : du côté le plus éclairé, se trouvent les *Leander*, luciphiles, dont l'orientation n'est pas très précise ; les *Hippolyte*, très lucifuges, sont de l'autre côté, bien orientés, la tête étant tournée à l'opposé de la fenêtre (Cuénot, *Ann. Sc. nat. Zool.*, 1927).

actifs (W. Pope, 1900). Peu à peu les phénomènes les plus « vitaux » se sont montrés résolubles en faits physiques et chimiques, ou du moins sont déterminés pour une part par des influences purement physico-chimiques ; peut-on imaginer quelque chose qui ait l'aspect plus spontané et plus personnel que le dépla-

cement d'un être libre? Or, il a été démontré que beaucoup de mouvements, d'apparence volontaire, sont forcés, étant déclenchés par un facteur externe ou des liaisons internes (fig. 3) ; c'est l'immense catégorie des tropismes, des réflexes absolus, des réflexes conditionnés. Ainsi la marche des Daphnies vers la lumière est une impulsion irrésistible déclenchée par l'action spécifique des radiations lumineuses sur les téguments de l'animal, impulsion croissant avec la force de l'excitation ; cette attraction est du reste suivie d'une fuite, sans doute parce que la Daphnie éprouve un sentiment de mal-être ; le psychique alterne avec la mécanique.

L'acte vital par excellence, celui de la fécondation, a pu être remplacé, au point de vue de la mise en train du développement, par des actions osmotiques (J. Loeb). Les espèces animales et végétales n'ont pas été créées séparément, mais dérivent les unes des autres par des processus que l'on commence à pénétrer, puisque l'Homme a vu naître sous ses yeux de véritables espèces nouvelles (Primevère de Kew, Digitale de Merton, Chou-Radis de Karpechenko, *Iris autosyndetica*, *Aegilotricum*, *Triticale*, espèces colchiploïdes, etc.) et qu'il a réalisé la synthèse d'espèces sauvages. L'Homme, loin d'avoir été l'objet d'une création spéciale et privilégiée, est comme les autres animaux le résultat d'une longue évolution (Darwin), dont nous connaissons assez bien les étapes ; il ne paraît pas y avoir un hiatus *qualitatif* entre l'intelligence des sauvages inférieurs et celle des Singes supérieurs, ces derniers étant capables de fabriquer des outils très simples (Koehler, Yerkes) (1).

(1) Il y a quelque contradiction entre cette assertion et la note de la page 27 : dans cette dernière, je me plaçais au point de vue *pratique* du préhistorien ; il n'est certain d'avoir affaire à un Homme — *Homo faber* — que lorsqu'il trouve un outillage, fût-il rudimentaire ; c'est pour cela que l'on discute encore sur la qualité humaine du Pithécanthrope et du Sinanthrope. Mais il y a aussi le point de vue psychologique : les Singes sociaux qui se défendent contre

Tout cela prouve évidemment que l'on s'était trompé en croyant au géocentrisme, à l'héliocentrisme galaxique, à une force vitale autonome, à une chimie vitale inimitable, à la liberté absolue des mouvements, à la nécessité du spermatozoïde pour exciter le développement, au créationnisme, à l'anthropocentrisme, au caractère unique de l'intelligence humaine. Le vieux finalisme a dû reculer.

On avait cru, toujours en raisonnant logiquement comme s'il s'agissait d'une œuvre humaine (et *a fortiori* plus qu'humaine, donc infaillible) que chaque détail de structure devait avoir une fonction ou un sens ; Sprengel, par exemple, pensait qu'il n'y avait pas chez les plantes un seul poil qui n'ait une signification, ayant été voulu par le sage Auteur de la Nature. Quand on ne trouvait point cette signification dans la finalité interne (c'est-à-dire pour le bien de l'individu), on la cherchait dans la finalité externe, c'est-à-dire au profit d'une autre espèce, animale ou végétale ; et comme l'Homme est l'animal le plus intéressant, longtemps il a paru naturel de tout lui rapporter. Bernardin (dit de Saint-Pierre) (1) sera toujours cité pour son anthropocentrisme effréné, et pour ses hypothèses aussi amusantes qu'absurdes sur la finalité externe, par rapport à l'Homme, de la Puce, du Melon et de la Citrouille. Voici

un agresseur en lui jetant de lourdes branches cassées ou des pierres ne sont pas loin des Chimpanzés de Koehler qui entassent des caisses ou enfilent des bâtons dans un but déterminé. Une nuance sépare ces derniers de l'Anthropomorphe qui, parmi les cailloux à sa portée, élira une certaine forme ou une certaine dimension ; un autre, plus intelligent, aura l'idée de casser la pierre pour obtenir un fragment qui conviendra mieux à l'usage projeté : ainsi naîtra l'outil. C'est un fait bien certain qu'il y a de grandes différences individuelles dans l'intelligence des Chats, des Chiens et des Chimpanzés ; on peut concevoir qu'un Singe bien doué fasse une invention qui sera imitée par les autres ; cela se voit souvent dans les ménageries.

(1) N. Bernardin, bourgeois du Havre, a ajouté à son nom, sans aucun droit, le vocable de Saint-Pierre.

un exemple analogue, moins connu : les épines des arbres, d'après Bernardin, « sont sans doute en relation avec la défense des oiseaux qui nichent et se perchent dans les branches pour protéger ceux-ci contre les quadrupèdes qui y grimpent pour manger les œufs et les poussins ; ainsi l'Acacia de l'Asie (1) porte à dix ou douze pieds de hauteur, précisément à l'endroit où les branches de l'arbre se divisent, une ceinture de plusieurs rangs de larges épines de dix à douze pouces de longueur, et hérissées comme des fers de hallebarde ; le collet de l'arbre en est environné, de manière qu'aucun quadrupède n'y peut monter ». Mais ! « les quadrupèdes qui vivent des œufs des oiseaux sont sauvés, car la nature fait quelquefois naître au haut de ces mêmes arbres un végétal qui leur en ouvre l'accès ; il jette des cordes très fortes, grosses comme des tuyaux de plume, qui viennent s'enraciner à terre ; ces cordes sentent l'ail. Un animal grimpeur, en dépit des épines qui entourent le pied, peut se servir de ces sortes d'échelles même pendant la nuit, grâce à l'odeur, et capturer sa proie endormie. » Quels soucis pour cette malheureuse Nature, qui doit concilier les intérêts du Loup et du Mouton !

La finalité interne, propre à chaque type organique, est plus défendable ; mais elle aboutit assez vite, elle aussi, à des interprétations ridicules dans sa recherche de l'utilité (par exemple les couleurs effrayantes, p. 63).

Comme on peut le penser, les mécanicistes n'ont pas manqué de maltraiter, parfois d'une poigne assez rude, le finalisme providentialiste, tout alourdi d'anthropocentrisme : Spinoza parle de « l'étonnement imbécile » de ceux qui, voyant la structure du corps humain, et ignorant « les causes d'un si bel arrangement, concluent

(1) Certainement un *Gleditschia*. Je n'ai pas identifié la liane à odeur d'ail.

qu'il n'est point formé mécaniquement, mais par un acte divin ou surnaturel ». Et ailleurs : « Quiconque s'applique à connaître en savant les choses de la nature, au lieu de s'en émerveiller comme un sot, est souvent tenu pour hérétique et impie. » (*Ethique*, 1, p. 111). L. Errera est d'avis que « dans la Nature, nulle part il n'y a place pour les causes finales : dire que l'œil a été construit pour voir ou que tel Insecte a été créé pour féconder telle plante, cela ne fait point avancer nos connaissances d'un pas ». (*Recueil d'œuvres*, 1, p. 170). Pour Charles Nicolle « la raison sait que la finalité est une conception grossière, digne des âges primitifs, périmée et spirituellement absurde ». (*La Nature*, p. 56) (1). Marcel Boll appelle « pathologie de la recherche scientifique » la réaction antimécaniste qui s'est dessinée à la suite des concepts de la physique relativiste et quantique (*Act. scient.*, n° 414, 1936, p. 4 de la préface). D'après Conklin « les frivolités de la téléologie ont été poussées à un tel point qu'elles ont rendu la doctrine de l'origine supranaturelle de chaque adaptation non seulement incroyable mais même ridicule. Alors vint le darwinisme, qui finalement et définitivement abolit cette extravagante doctrine ». (*Problems of adaptation*, p. 352).

Les mécanistes tirent aussi argument des progrès considérables réalisés en physiologie, à partir du moment où celle-ci, renonçant aux pseudo-explications verbales, ne s'est plus préoccupée que de déterminismes

(1) Par finalité, Nicolle entend une finalité intentionnelle dans la Nature. Dans un ouvrage postérieur (*La Destinée humaine*), Nicolle, troublé par le fait des coaptations, a changé d'avis « ... nulle *explication de ces phénomènes ne peut être donnée par notre raison, sauf celle d'une finalité.* Qu'on ajoute à ce mot une épithète restrictive et qu'on dise finalité *limitée, partielle, pratique*, on est bien obligé d'admettre que, sauf explication nouvelle et, pour tout dire, inconcevable, *l'évolution indiscutable des espèces paraît, dans certains cas*, comme le dit Cuénot, *une évolution dirigée* ».

physico-chimiques. A vrai dire, l'argument ne porte pas : le fait d'avoir défini l'activité d'organes restés longtemps énigmatiques, comme l'hypophyse, l'appareil thyroïdien, les îlots de Langerhans, les surrénales, le tissu interstitiel du testicule, le corps jaune ovarien, etc., tient aux progrès de la technique, et aussi à cette conviction instinctive, d'*inspiration finaliste*, que tout organe doit avoir une fonction. Ces découvertes prouvent qu'il y a chez l'être vivant des activités chimiques d'une extraordinaire complexité, coordonnées de telle façon que l'individu dure un certain temps ; ce qui est étonnant, c'est qu'elles soient coordonnées (finalité organique !).

Lorsque le biologiste mécaniste découvre les véritables causes efficientes ou raisons suffisantes d'un phénomène, il est persuadé que l'interprétation finaliste qu'on a pu en donner s'évanouit et paraît même puérile ; je ne suis pas de cet avis ; lorsqu'on aura démonté le mécanisme ontogénétique qui conduit à la formation d'un œil, depuis les gènes chromosomiens des cellules germinales jusqu'à l'organe développé et ses différentes annexes, puis reconnu la marche des rayons lumineux et les changements du pourpre rétinien, constaté que ce dernier a besoin pour se constituer de la vitamine A, qui est aussi un facteur antixérophtalmique, — ce qui exige l'existence d'un tube digestif, d'un appareil circulatoire, et bien entendu de végétaux élaborant le carotène (= provitamine), donc du Soleil et de l'Univers —, expliqué la nature de l'influx nerveux et le processus de la sensation consciente, et encore quelques autres petites choses, il n'en restera pas moins que l'œil sert à voir ; c'est sa fonction (= fin). Plus on pénètre profondément dans les déterminismes, plus les relations se compliquent ; et comme cette complexité aboutit à un résultat univoque que le moindre écart peut troubler, alors naît invinciblement l'idée

d'une direction finaliste ; je concède qu'elle est incompréhensible, indémontrable, que c'est expliquer l'obscur par le plus obscur, mais elle est nécessaire ; elle est d'autant plus nécessaire que l'on connaît mieux les déterminismes, parce qu'on ne peut se passer d'un fil conducteur dans la trame des événements. Il n'est pas téméraire de croire que l'œil est fait pour voir.

Le mécanicisme compte à son actif la critique pertinente d'un grand nombre d'interprétations « finalistes », du reste fort séduisantes, dont l'exemple typique est la coaptation des fleurs et des Insectes. On sait que ce sont les Insectes qui assurent la fécondation croisée d'un grand nombre de plantes ; celle-ci est parfois avantageuse (heterosis !), souvent indispensable au végétal pour diverses raisons (fleurs mâles et femelles portées sur des pieds séparés, décalage de la maturité des organes mâles et femelles de la même fleur, autostérilité, etc.) ; si les Insectes floricoles disparaissaient du globe, il y aurait disparition concomitante des espèces à entomophilie obligatoire, soit d'une centaine de mille espèces. Bien entendu, puisque les plantes entomophiles persistent, c'est qu'elles présentent des dispositifs assurant la fécondation (finalité de fait !) : les fleurs ont en effet des nectaires sécrétant du sucre, logés en des points tels que l Insecte se couvre de pollen en cherchant à les aborder, ou bien elles possèdent un pollen lourd et abondant, facile à récolter, comme chez les Pavots et les Anémones qui n'ont pas de nectar. Certaines Sauges (fig. 4) possèdent un curieux appareil à bascule portant à son extrémité un sac pollinique, arrangé de façon à frapper le dos de l'Insecte pénétrant dans la fleur. On avait pensé que les brillantes couleurs jouaient aussi un rôle en signalant de loin aux Insectes la présence des fleurs, objets de leur recherche ; les blanches, plus visibles la nuit, étaient sans doute spécialisées dans l'appel des Insectes nocturnes ; les

parfums, surtout attractifs la nuit, avaient une fonction analogue. On avait été très loin dans la recherche des finalités : la variation de couleur, disait-on, offrait un avantage parce qu'elle permettait aux Insectes de reconnaître les fleurs utiles pour lesquelles ils étaient spécialisés ; le groupement en épis leur économisait du temps ; un pétale élargi avait le sens d'une terrasse de débarquement, les poils de la corolle facilitant l'accrochage des pattes ; les stries ou marques colorées convergeaient vers le point où se trouve le nectar ; il y avait même des semblants de nectaires, leurres attirant sans épense es Insectes inexpérimentés, etc. Ces détails et beaucoup d'autres avaient bien reçu une interprétation à peu près mécaniste avec la théorie de la sélection naturelle, mais aujourd'hui on n'oserait plus invoquer celle-ci pour expliquer la genèse des dispositifs plus ou moins entomophiles ; il y a trop de faits contraires à la thèse utilitariste.

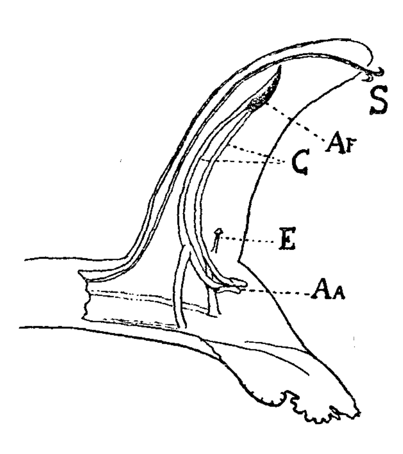


Fig. 4. — Fleur de *Salvia glutinosa* dont on a enlevé la moitié de la corolle : C, connectifs reliant la demi-anthère AF fertile du sommet à la demianthère atrophiée AA que l'Insecte repousse de la tête quand il s'introduit dans la fleur, d'où bascule de l'appareil; E, étamine abortive ; S, stigmate

En effet, il y a des nectaires extra-floraux sous les stipules et les feuilles de certaines plantes, qui attirent les Abeilles comme le font les fleurs colorées ; *Oenothera biennis*, plante à brillante corolle jaune et à nectaires très visités, devrait être un type d'entomophile ; or, la

fécondation a lieu dans le bourgeon floral, *encore fermé*; ensuite, le soir, la fleur s'ouvre, et reçoit les visites inutiles des Insectes. Un nombre considérable de plantes se fécondent elles-mêmes (autogamie) et leurs fleurs ne sont ni moins belles, ni moins parfumées, ni moins fertiles que celles fécondées par l'intermédiaire des [illegible]x ; la plus belle de nos Labiées indigènes, *Melittis melissophyllum*, à grandes fleurs blanches maculées de rouge, ne possédant pas de nectaires, ne reçoit aucune visite, en dépit de son appareil vexillaire. Quelques Orchidées, comme l'*Ophrys apifera*, présentent des dispositifs que l'on regardait jadis comme des adaptations remarquables à la fécondation croisée, et cependant ils aboutissent très régulièrement à l'auto-fécondation ; les *Orchis* sont le plus souvent autofécondés, soit spontanément, soit par l'intermédiaire d'Insectes qui poussent les pollinies contre le s[illegible]g[illegible] (P. Martens) ; l'*Epipactis latifolia* est aussi auto-fécondé par de petits Coléoptères qui pillent les pollinies friables. — Si les *Salvia officinalis*, *pratensis* et *glutinosa* ont une bascule très bien construite et très efficace (fig. 4), beaucoup d'autres Sauges (genre à très nombreuses espèces, près de 500) présentent d'autres dispositifs permettant l'autogamie, ou bien des pseudo-bascules qui ne basculent pas (Sauge écarlate, fig. 5).

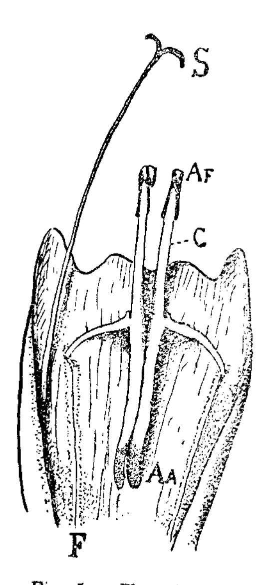


Fig. 5. — Fleur fendue et étalée de Sauge cardinal (*Salvia splendens*) montrant le système staminal qui ne bascule plus : F, faisceau vasculaire staminal; S, stigmate ; AA, AF, C, comme fig. 4.

Les zoologistes ont aussi leur roman : celui des ressemblances dites protectrices. Un certain nombre d'animaux paraissent être, à nos yeux d'Homme, des copies parfaites d'objets inertes, comme le dessous d'une feuille morte (*Kallima*), ou une large feuille verte (Phyllie), un rameau sec (Phasmes, chenilles d'Arpenteuses), une écorce couverte de lichens (*Boarmia roboraria, Flatoides*), une touffe d'Algues (*Histrio pictus* des

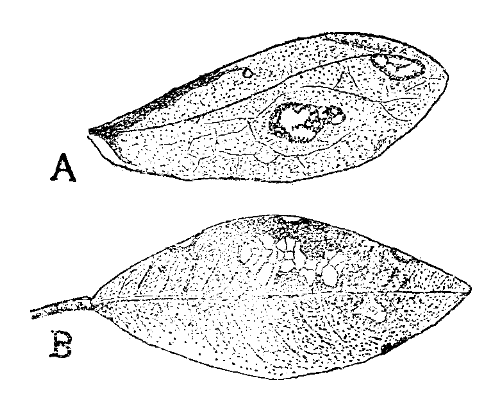


Fig. 6. — A, aile antérieure droite du Tettigoniide *Pycnopalpa bicordata* (Brésil) ; B. feuille morte d'Arbousier (*Arbutus unedo*), pour montrer la ressemblance extraordinaire des zones attaquées par des Bactéries ou des Champignons avec les marques de l'aile d'Insecte.

Sargasses, l'Hippocampe *Phyllopteryx eques*), voire même comme des feuilles à demi rongées et attaquées par des Champignons ou des chenilles mineuses (fig. 6) (Ptérochrozes, *Typophyllum*), ou encore un excrément d'Oiseau tombé sur une feuille (Araignée *Phrynarachne*), etc. On ne peut contempler ces étonnantes copies sans avoir le sentiment qu'elles sont un *camouflage voulu* dérobant l'espèce à la vue de ses ennemis (ou un piège quand il s'agit d'animaux carnassiers,

comme l'Araignée-excrément et les Mantes à aspect de fleurs) ; mais si ce déguisement est efficace et nécessaire, comment se fait-il que la très grande majorité des espèces ne présente rien de semblable et persiste néanmoins ? A quoi bon cette recherche extraordinaire de pseudo-attaques sur les pseudo-feuilles, fort variables chez les divers individus de la même espèce ? Les expériences ont montré du reste que ces prodigieux déguisements étaient vraisemblablement inutiles, et que la simple immobilité d'un Insecte sur son support suffisait pour lui éviter une agression, l'attention des prédateurs n'étant guère attirée que par le mouvement. Mais alors si c'est du luxe, du superflu, ce pourrait être une rencontre de hasard, analogue à celle qui fait ressembler (grossièrement !) le Champignon *Phallus impudicus* à un pénis en érection, ou des dendrites d'oxydes métalliques à des paysages finement dessinés ou à des feuilles de Fougères. En tout cas, s'il y a d'incontestables dispositifs entomophiles et d étonnantes ressemblances homochromiques, on doit reconnaître que les explications finalistes généralisées ne vont pas sans certaines difficultés.

Les ultra-sélectionnistes ont fait preuve de beaucoup d'imagination en interprétant des colorations très voyantes qui ne sont visibles que pendant le mouvement et s'éteignent brusquement quand l'animal se pose ; ils ont pensé qu'au moment où la note vive disparaît, l'impression colorée persiste pendant quelques secondes sur la rétine d'un agresseur, de sorte que celui-ci ne réalise pas immédiatement l'arrêt de la proie ; celle-ci profite de cet instant d'indécision pour se mettre à l'abri, d'autant plus qu'au posé, il se trouve qu'elle est parfaitement homochrome avec le substratum ; les ailes inférieures rouges ou bleues des *Oedipoda*, *Callimorpha*, *Catocala*, sont des exemples classiques de *coloration-éclair*.

Un dernier cas qui marque peut-être la maximum d'excès anthropomorphique dans la recherche de l'utilité est celui du « *dessin effrayant* » (Schreckzeichnung de Weismann), constitué par les beaux ocelles des ailes inférieures du Sphingide *Smerinthus ocellata*. Quand le Papillon est au repos, les ocelles, recouverts par les ailes supérieures, ne sont pas visibles ; si l'on inquiète l'animal, il ne s'envole pas, mais subitement étale les quatre ailes, démasquant ainsi les deux ocelles dont le noir et le bleu se détachent bien sur un fond rose ; de plus le corps vibre pendant quelques secondes. Quelques expériences de Standfuss semblent montrer que de petits Oiseaux sont parfois effrayés par cette brusque apparition et ne poursuivent pas leur attaque ; je veux bien le croire !

Le phénomène de la régénération a été souvent interprété dans un sens finaliste ; quand on voit une Etoile de mer qui refait un bras tombé, un Crabe auquel repousse une patte autotomisée, un Lézard qui remplace sa queue, et autres exemples analogues, on songe volontiers à quelque puissance interne, qui veille à l'intégrité de l'organisme et commande et dirige la *restitutio ad integrum* ; on a même nommé cette puissance : c'est l'entéléchie de Driesch. Là encore le mécanicisme exerce son droit d'incisive critique ; sans même parler du fait que la régénération, propriété évidemment utile, est un phénomène très capricieux, qui existe ici et non là (les animaux les plus élevés en organisation, comme les Mammifères, cicatrisent leurs blessures, mais sont totalement dépourvus du pouvoir régénérateur), les erreurs de la régénération montrent bien qu'il n'y a en jeu qu'un mécanisme préexistant et *aveugle* : ainsi l'antenne du Phasme *Carausius morosus* comprend une partie basilaire de deux articles (scape et pédicule) et un fouet de nombreux articles ; quand on sectionne le fouet à n'importe quel niveau chez une jeune larve, il repousse immanquable-

ment une antenne; si la section passe au ras de la tête, il y a cicatrisation et pas de régénération; enfin quand la section intéresse le prem[illegible]er [illegible]u le second article de la base, il repousse une *petite patte*, avec fémur, tibia et tarse de quatre articles parfaitement conformés (fig. 7); cette patte ne peut jouer aucun rôle utile, car elle ne sait pas s'agripper au sol (phénomène d'*hétéromorphose* ou d'*homoeosis*). Chez divers Crustacés, quand un œil est enlevé (avec le ganglion optique qui se trouve dans la tige oculaire), c'est une antennule sans statocyste qui repousse, on a observé plusieurs fois dans la nature et obtenu expérimentalement ces erreurs de la régénération (*Astacus*, *Leander*, *Palinurus*, *Eupagur*[illegible], *Sq*[illegible], [illegible], [illegible]). Q[illegible]and le ganglion optique n'est pas supprimé, c'est un œil qui est régénéré; c'est ce qui arrive normalement chez la Porcellane, où le ganglion est accolé au cerveau.

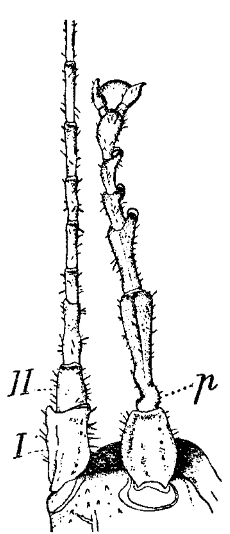


Fig. 7. — Hétéromorphose de l'antenne chez le Phasme *Carausius morosus* adulte; chez une jeune larve, l'antenne droite a été sectionnée au travers de l'article II; il a repoussé à la place une patte compren[illegible]nt le tibia et un tarse d[illegible] 4 articles; l'antenne gauche est normale : I, article basilaire (scape); II, pédicule; *p*, reste de l'ancien article II sectionné (Cuénot, *C. R. Acad. Sci.*, 172, 1921).

Dystélie, hypertélie, atélie. — A côté des organes et instincts qui coucourent évidemment au maintien de la vie des organismes, et sont donc interprétés par le vitalisme comme répondant à des fins (idée téléologique !), il en est d'autres qui, *à notre point de vue d'Homme*, paraissent gênants, fâcheux, ou tout au moins inutiles; il y aurait donc chez le vivant de la *dystéléologie*, terme

qui a été abrégé par V. Franz (1934) en celui de *dystélie* (Unzweckmässigkeitlehre de Haeckel).

Le fait de la dystélie est un argument-massue des mécanistes attaquant le finalisme providentialiste; en effet, étant admis que le monde est l'œuvre d'un Esprit créateur, il était logique de penser que celle-ci devait refléter la perfection de son Auteur et que tout devait être disposé pour le mieux de l'individu ou de l'espèce. L'argument mérite d'être examiné en détail.

Il y a dystélie de l'instinct lorsque les Fourmis adoptent et nourrissent avec soin de petits Coléoptères Staphylinides, *Lomechusa* et *Atemeles*, dont elles élèvent même les petits ; très avides d'un liquide enivrant sécrété par des glandes abdominales avec poils spéciaux (trichomes), les Fourmis délaissent les travaux nécessaires et négligent leur propre descendance ; d'autre part, ces *symphiles* dévorent les œufs et les jeunes larves de leurs hôtes, dont la colonie ne tarde pas à entrer en déchéance ; on a comparé la myrmécophilie à une maladie sociale de l'Homme, telle que l'alcoolisme. — Les Passereaux dans le nid desquels un Coucou a déposé son œuf nourrissent avec sollicitude le poussin parasite, très exigeant, qui a éliminé leurs petits. — Des herbivores manifestent parfois une perversion du goût qui les pousse à brouter des plantes vénéneuses; ainsi dans le Montana, le Colorado, etc., des Chevaux, Moutons et Bœufs (surtout des races introduites) mangent des Papilionacées narcotiques (*Astragalus, Anagallus*) qui leur donnent une maladie cérébrale mortelle, à tel point qu'il faut remplacer les troupeaux pervertis par d'autres qui n'ont point contracté cette mauvaise habitude ; le même fait se produit en Australie pour une autre Légumineuse (*Swainsona*).

L'inflammation, considérée comme une réaction de défense de l'organisme vis-à-vis des agents pathogènes, est loin d'être toujours « protectrice ». Lorsque quelques

staphylocoques sont introduits dans la peau, celle-ci réagit souvent par un furoncle, qui paraît de prime abord être un barrage ayant pour effet (et pour fin) d'empêcher les microbes d'envahir la circulation ; il y a alors inflammation locale, appel de phagocytes qui, empoisonnés par les staphylocoques, forment un pus abondant ; il y a surtout pullulation extraordinaire des microbes avec exaltation de leur virulence. Il arrive souvent que l'abcès se vide extérieurement et que la guérison s'ensuive, mais la barrière tissulaire est parfois inopérante, d'où catastrophe septicémique ; d'ailleurs la plupart de nos moyens thérapeutiques ne sont pas dirigés contre l'agent pathogène lui-même ; ils sont plutôt destinés à atténuer la réaction inflammatoire indisciplinée qu'il a provoquée.

Le tubercule pulmonaire pour le bacille de Koch, le chancre pour le Tréponème de la syphilis, la plaque de Peyer pour le bacille typhique, apparaissent, non plus comme des « défenses », mais au contraire comme des refuges pour les microbes, qui y pullulent ; de là ils peuvent envahir l'organisme. Ces réactions locales, fâcheuses pour l'être parasité, sont comparables aux réactions gallaires des plantes autour des larves de Cynipides et autres fauteurs de cécidies, qui y trouvent abri sûr et nourriture abondante. La vraie défense serait un état d'*indifférence*, dans lequel les microbes resteraient dans les tissus comme des corps étrangers, pour être éliminés lentement par les voies d'excrétion naturelle des déchets cellulaires (voir p. 78).

Plantes-pièges. — Une Nyctaginée de l'Amérique du Sud, du genre *Pisonia*, a des fruits longs de un centimètre, couverts de glandes sécrétant une substance très adhésive ; parfois ces fruits se collent aux ailes des Oiseaux qui viennent à les frôler, ce qui peut passer

pour un moyen de dissémination ; mais les Oiseaux perdent le pouvoir de voler et meurent.

Il y a des fleurs-pièges, comme celles de l'*Araujia sericifera*, Asclépiadée de l'Amérique du Sud et du Cap, cultivée comme plante d'ornement dans la région méditerranéenne ; la fleur, extrêmement adaptée à la pollinisation par les Insectes, présente cinq rétinacles à sillon corné (la pince), portant d[illegible]ies ; les Insectes, à la recherche du nectar sécrété au fond de la fleur, engagent la trompe ou la langue dans le sillon, et s'ils sont suffisamment vigoureux arrachent un rétinacle avec ses pollinies et le transportent dans une autre fleur ; des *Xylocopa*, *Bombus* et *Scolia* fécondent ainsi normalement l'*Araujia*, mais d'autres Insectes, notamment de petits Hyménoptères et des Papillons, ne peuvent plus se dégager et meurent sur place, détériorant même la fleur par leurs mouvements violents : j'ai vu un Sphingide de taille moyenne (*Pergesa porcellus*) et un Noctuide (*Phytometra gamma*) pris ainsi à ce piège (fig. 8). L'*Œnothera speciosa* retient des Sphingides qui ont plongé leur trompe jusqu'au fond de la corolle; il est évident qu'il y a en France dysharmonie entre la structure entomophile de cette fleur et nos Insectes fécondateurs, mais il est possible qu'il n'en soit pas de même dans le pays d'origine.

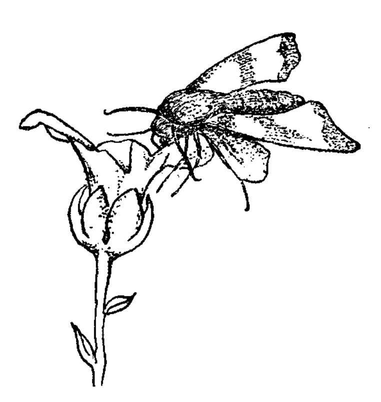


Fig. 8. — Fleur d'*Araujia sericifera*, portant un *Pergesia porcellus* pris par la pince du rétinacle des pollinies.

Nous parlerons plus loin (p. 194) des appareils de dis-

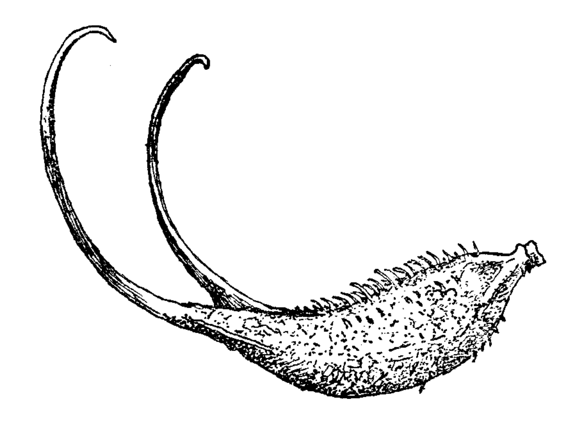


Fig. 9. — Fruit de *Proboscidea Jussieui*, entouré du péricarpe desséché.



Fig. 10. — Fruit d'*Harpagophytum procumbens*.

sémination des germes végétaux et notamment de l'accrochage mécanique au pelage et au plumage des animaux ; celui-ci est parfois tellement développé qu'il devient inutilement agressif. Un fruit de l'Amérique subtropicale (*Proboscidea Jussieui*, de la famille des Martyniacées) se termine à l'un des bouts par deux énormes crochets de bois dur qui entrent dans la chair des animaux (fig. 9) ; le célèbre *Harpagophytum procumbens*, du sud de l'Afrique, appartenant à la famille des Pédaliacées, a des capsules hérissées de solides hameçons dirigés dans tous les sens (fig. 10) ; ces capsules se fixent au museau des Antilopes Springbok qui, martyrisées, courent pendant des journées entières, essayant en vain de s'en débarrasser ; les capsules ne se détachent que lors de la déhiscence.

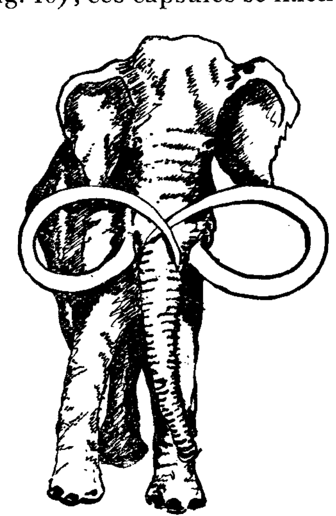


Fig. 11. — Hypertélie des défenses chez un Mammouth quaternaire de l'Amérique du Nord (*Parelephas Columbi*) (*Nat. Hist.*, 1938).

Hypertélies. — Des organes prennent parfois un tel développement (*hypertélie*) qu'ils doivent être gênants, même si l'animal arrive à en tirer parti : citons comme exemples classiques les grandes canines supérieures du *Babirussa*, recourbées en dessus de la tête comme des cornes, et les longues défenses croisées au-devant de la trompe des Mammouths (fig. 11).

Cette exubérance de croissance se remarque fréquemment dans les caractères sexuels secondaires des mâles,

caractères qui ne sont pas en rapport direct avec la reproduction : bois gigantesques du grand Cerf quaternaire (*Megaceros giganteus*), appendices nasaux de certains Caméléons, splendide parure des Faisans, Paons, Argus, Oiseaux de paradis, si développée qu'elle rend parfois le vol impossible. Bien des fois on a signalé des morts déterminées par ces hypertélies ; le Cerf mâle se sert bien de ses bois dans les combats qu'il livre à ses congénères, à l'époque du rut, peut-être aussi pour se défendre contre les loups, mais il lui serait évidemment avantageux d'avoir des armes plus simples que cette encombrante ramification ; on a trouvé souvent des couples de Cerfs morts de fatigue ou de faim, parce que, au cours d'une bataille, ils avaient emmêlé leurs bois de telle façon qu'ils n'ont pu se dégager. Des Antilopes Coudou ont été victimes du même accident, leurs cornes tordues en spirale s'étant pour ainsi dire vissées l'une dans l'autre.

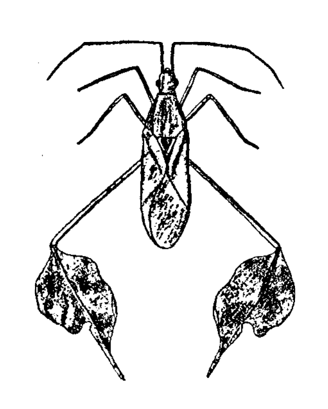


Fig 12. — Hypertélie des pattes postérieures avec élargissement foliacé du tibia chez un Hémiptère de l'Amérique tropicale, *Anisoscelis phyllopus* (d'après Berlese).

Les épées formidables du Poisson-Scie (*Pristis*) et de l'Espadon (*Xiphias*), constituées par un allongement excessif du museau, ne servent vraisemblablement à rien, ces animaux se nourrissant de petits Poissons.

Les Insectes fourmillent d'hypertélies : la grande corne prothoracique qui vient à la rencontre d'un prolongement frontal (*Dynastes hercules* mâle), les trois longues cornes prothoraciques et céphalique du *Chalcosoma atlas* mâle, les pattes démesurées des Tipules, de

l'Hémiptère *Anisoscelis phyllopus* (fig. 12), du grand Coléoptère *Acrocinus longimanus*, les antennes excessives de divers Longicornes, notamment celles de l'*Acanthocinus aedilis*, etc.

Une hypertélie est parfois une spécialisation, et comme telle restreint les possibilités de vivre : c'est le cas des canines en sabre, atteignant jusqu'à 30 centimètres de long, des *Machairodus* et *Smilodon* du quaternaire (fig. 13) ; ces Tigres devaient s'en servir comme

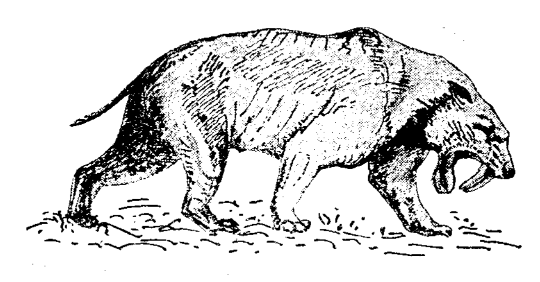


Fig. 13. — Restauration du *Smilodon californicus*, le Tigre à canines en sabre du gîte asphaltique quaternaire de Rancho-la-Brea (Californie) (Musée d'Histoire naturelle de New York).

des poignards capables de perforer le crâne ou de couper les gros vaisseaux cervicaux d'herbivores de grande taille ; bien entendu, le jeu de la mandibule, capable de s'abaisser à angle droit, les muscles abaisseurs et releveurs de celle-ci, étaient en parfait rapport avec la morphologie des canines, les goûts de ces Félins, leur manière de chasser et les dimensions de leurs proies. Ils ont prospéré pendant des milliers d'années, ce qui prouve que leur conformation n'était pas dystélique ; mais elle l'est devenue lorsque leur gibier habituel s'est raréfié, car il leur était probablement impossible de se nourrir de petits animaux.

Le gigantisme est aussi une hypertélie et, dans cer-

taines conditions, handicape gravement les espèces ; c'est un fait indéniable, lorsqu'un groupe est en voie d'extinction, que les espèces de grande taille disparaissent les premières, les petites formes pouvant persister longtemps encore ; il est bien connu que nos Mammifères carnassiers et herbivores sont de taille inférieure à leurs correspondants de l'époque quaternaire ; il y aura toujours des Rats et des Marsouins alors que les Eléphants et les Baleines auront disparu. En dehors du facteur humain qui ne joue que depuis la fin du quaternaire, nous entrevoyons les causes de l'infériorité des géants ; ils ont un développement lent, une fécondité tardive et des exigences alimentaires considérables ; s'il survient un changement climatique qui modifie la flore, ils ont plus de difficultés pour trouver leur nourriture ; les femelles avortent ou sont moins fécondes, et l'espèce entre en déchéance. L'Homme est bien un géant à lent développement et à faible fécondité, mais il est sauvé par son intelligence et surtout son extraordinaire facilité d'accommodation.

On peut considérer comme une sorte d'hypertélie du développement les migrations très compliquées de certains parasites (Douve du foie), alors qu'il y a des chemins plus directs d'infection, du reste suivis par d'autres espèces. Hypertélie encore l'absence de proportion raisonnable entre les besoins et le développement de certains organes, comme les yeux très nombreux et très perfectionnés de certains Chitons, de Bivalves fixés (*Arca*, *Spondylus*), d'Annélides tubicoles (*Branchiomma*), alors que des formes alliées, ayant exactement le même genre de vie, n'ont pas du tout d'organes visuels.

Organes inutiles. — Une catégorie curieuse d'organes que l'on pourrait ranger aussi bien parmi les hypertéliques que parmi les atéliques, est celle des organes inutiles ; voici un exemple qui me paraît tout à fait

démonstratif : *Nepa cinerea* est un Insecte aquatique du groupe des Hémiptères, très commun dans les étangs ; bien qu'immergé, il respire l'air en nature au moyen d'un appareil original (fig. 14) ; le corps de l'adulte est prolongé à son extrémité postérieure par un tube rigide, qui atteint une très grande longueur (hypertélie !) chez des Nèpes africaines (*Laccotrephes*); il est constitué par deux demi-cylindres, prolongements des sternites du 8e anneau, qui sont coaptés l'un à l'autre de façon à former un tube creux ; à la base abdominale, s'ouvrent deux stigmates, d'où partent de gros troncs trachéens. A l'intérieur du tube, il y a de nombreux poils, grands et petits, implantés obliquement la pointe étant tournée vers l'extrémité distale. De temps à autre la Nèpe monte sur une plante immergée et se rapproche de la surface jusqu'au moment où l'extrémité du tube la dépasse légèrement ; de l'air est aspiré, puis l'animal redescend dans l'eau. On peut supposer que les poils intérieurs ont pour effet d'interdire à un corps étranger l'entrée dans l'appareil.

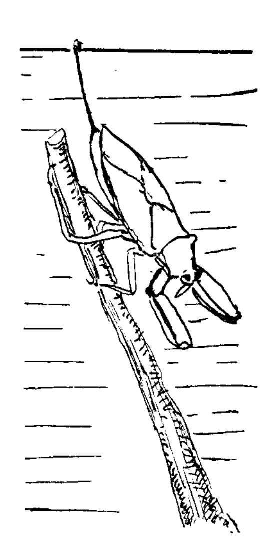


Fig. 14. — *Nepa cinerea* aspirant l'air à la surface de l'eau avec son tube respiratoire ; les pattes ravisseuses sont fermées comme un couteau pliant.

Il est impossible de qualifier cet instrument de rudimentaire ; il est remarquable qu'il n'existe pas chez la larve qui respire en venant exposer à la surface l'extrémité de l'abdomen.

Or, si l'on sectionne à la base le siphon de la Nèpe,

l'animal reste en parfaite santé pendant plusieurs mois, exactement comme les témoins intacts ; pour prendre la dose d'air, il remonte un peu plus haut sur le support, et c'est l'extrémité de l'abdomen, comme chez une larve, qui fait saillie au-dessus de la surface de l'eau. Voilà donc un exemple d'organe non rudimentaire qui est parfaitement inutile; on ne peut pas penser que sa présence est avantageuse en ce qu'elle permet à la Nèpe de rester cachée sous l'eau pendant qu'elle respire, car l'Insecte erre souvent sur l'extrême bord, où il est fort visible.

Atélies. — L'*atélie*, c'est-à-dire l'absence de fonction, l'inutilité certaine, n'est pas moins répandue que l'hypertélie ; les nombreux organes rudimentaires rentrent dans cette catégorie. En voici un exemple évident : les Hémiptères possèdent un appareil d'accrochage entre la première paire d'ailes (hémélytre) et la seconde, qui permet à ces deux membranes de constituer pendant le vol un plan unique (voir fig. 36, p. 202) ; c'est un dispositif qui est sans doute avantageux au point de vue mécanique. En reprenant la position de repos, les deux ailes se décrochent automatiquement, la seconde paire se glisse sous la première, et bien entendu, les deux parties de l'appareil d'accrochage se séparent ; l'une d'elles, qui se trouve à la face inférieure de l'hémélytre, vers le milieu du bord interne, peut être comparée à un couple de brosses laissant entre elles un petit intervalle ; l'autre partie est formée par le bord antérieur, épaissi et écailleux, de la deuxième aile ; lors du déploiement, ce bord est pincé automatiquement entre les deux brosses et solidement maintenu. Or, la Nèpe cendrée *qui ne vole pas* et ne déploie jamais ses ailes et hémélytres, les muscles du vol étant atrophiés, possède néanmoins l'appareil d'accrochage en parfait état. Mieux encore : deux Hémiptères, *Naucoris maculatus* et

Cymatia coleoptrata, ont perdu les ailes de la seconde paire, en conservant les hémélytres ; or, ceux-ci ont encore, à la place habituelle, les brosses d'accrochage, qui n'ont plus rien à accrocher.

Citons encore les ruines d'organes comme les dents des embryons de Baleine, les muscles de l'oreille humaine, la troisième paupière de l'œil humain, la coquille rudimentaire des Limaces et des Arions, les yeux atrophiés de tant d'animaux obscuricoles, l'œil pinéal des Reptiles, les pattes très réduites de nombreux Lézards, les ailes rudimentaires de divers Oiseaux terricoles, les instincts devenus inutiles comme le réflexe d'enfouissement des excréments chez le Chien et le Chat domestique, etc. N'étant plus utiles, les organes rudimentaires constituent souvent des points faibles, pouvant même devenir *antitéliques* : l'appendice vermiculaire de l'Homme (1), vestige d'un ancien cæcum simien, est le siège d'une affection dangereuse, l'appendicite ; la dent de sagesse, en régression dans la race blanche, détermine parfois des accidents graves ; les restes embryonnaires (parovaire, hydatide, corps de Wolff) sont souvent le siège de tumeurs ou de kystes.

L'atélie et certains cas de dystélie sont assez facilement explicables ; il arrive qu'une espèce, présentant des adaptations convenables à un milieu A, est transportée par hasard ou émigre de son plein gré dans un milieu B, plus ou moins différent ; par exemple les Pics sont des Oiseaux typiquement grimpeurs et arboricoles : leurs doigts disposés en deux groupes, leur robuste bec capable de perforer le bois, leur longue langue pointue et barbelée bien faite pour piquer des Insectes lignicoles dans des fentes étroites, les douze pennes rigides de la queue fournissant un point d'appui

(1) L'appendice a peut-être une fonction, encore obscure, dans le jeune âge ; mais à l'état adulte, il est sûrement atélique, comme le prouve la parfaite innocuité de son ablation.

solide lorsque l'animal explore un tronc d'arbre, la nidification dans un trou creusé en pleine matière ligneuse, tout cela convient bien à un animal forestier. Mais un Pic de la Plata (*Geocolaptes campestris*) vit dans des plaines où ne pousse pas un arbre, où l'on ne voit que de rares buissons ; il se nourrit à terre de Termites et de Fourmis, et niche dans des terriers. On rapporte que de petits Moutons de Laponie, avec leur estomac et leur denture d'herbivores, mangent la chair en putréfaction des Baleines ; le célèbre Kea de la Nouvelle-Zélande (*Nestor notabilis*) qui est un Perroquet, jadis insectivore et granivore, a pris goût depuis 1868 à la chair fraîche des Moutons et se comporte comme un redoutable rapace. Un Perroquet de terre d'Australie et de Tasmanie (*Pezoporus terrestris*), qui vit presque constamment sur le sol, niche dans les touffes d'herbes et ne perche guère ; il court avec une certaine agilité ; le *Strigops habroptilus* de Nouvelle-Zélande est tout à fait terrestre, puisqu'il ne se sert jamais de ses ailes. Les Rallides des prés humides comptent deux espèces accommodées à une vie franchement aquatique, le Râle d'eau et la Poule d'eau. Enfin on connaît un Hibou des prairies des Etats-Unis, le *Speotyto cunicularia*, qui niche dans des terriers de *Cynomys*. La famille des Ecureuils, arboricoles typiques, a donné des formes tout à fait terrestres, les *Xerus* africains et les *Tamias* holarctiques, vivant dans des terriers creusés entre les racines des arbres; les Kangurous sauteurs, animaux de savane, ont des genres qui vivent sur les rochers (*Petrogale*, grimpant comme un Singe sur des rochers à pic, d'où il saute) ou même sur les arbres (*Dendrolagus* aux ongles robustes et recourbés).

D'une façon générale, ces émigrants gardent dans leur nouveau biotope les adaptations morphologiques de leur ancien habitat et s'en accommodent : les Ecureuils de terre ont toujours la longue queue touffue ;

le Kea, le *Strigops* et le *Pezoporus* le bec de perroquet et les doigts arrangés en deux groupes, les Pics de terre les pattes de grimpeur et le bec solide, les Rallides aquatiques les longues pattes et les doigs séparés des coureurs ; le Hibou mineur, qui est diurne, a conservé le faciès et le plumage des nocturnes. L'Orchidée *Ophrys apifera*, qui maintenant s'autoféconde, a gardé une organisation florale nettement entomophile.

Parfois cette persistance d'anciennes caractéristiques permet de reconstituer les étapes parcourues dans le temps : on pense que l'Homme descend d'un Simien grimpeur, parce qu'il a gardé de cet ancien état la main prenante, devenue son outil le plus précieux, et une dentition d'omnivore. Ces indices résiduaires se voient aussi dans le développement : une petite Grenouille Leptodactyle des Antilles (*Hylodes*) vivait jadis dans un pays humide et avait comme il se doit des têtards aquatiques ; habitant maintenant un milieu sec, elle pond des œufs peu nombreux, riches en vitellus, à l'intérieur desquels le développement larvaire se poursuit jusqu'à la métamorphose incluse ; le têtard a néanmoins une queue, exactement comme s'il menait la vie libre.

On comprend facilement que ces changements de biotopes ou de mœurs produisent des organes atéliques ou même dystéliques : un Ecureuil de terre, qui a la taille et les habitudes d'un Rat, pourrait avoir une queue dénudée, alors qu'il a gardé la grande queue touffue de l'Ecureuil d'arbre, qui sert de balancier lorsque celui-ci saute d'une branche à l'autre ; la longue queue du Perroquet de terre conviendrait mieux à un oiseau percheur qu'à un terricole.

* * *

Jadis un thème favori des finalistes était la description lyrique des merveilles du corps humain : assuré-

ment un foie, formé de 350 milliards de cellules et contenant sept réseaux différents de soutien, de canalicules biliaires, de vaisseaux lymphatiques et sanguins, de filets nerveux, tout cela travaillant à peu près harmonieusement, pendant bien des années, pour faire de la bile, accumuler du fer et du glycogène, fabriquer du fibrinogène et de l'urée, arrêter des poisons, régler la distribution du sucre dans le sang, etc., est quelque chose d'étonnant, ainsi qu'un cœur humain, qui, lors de la naissance, a devant lui une provision de un ou deux milliards de battements avant d'être fatigué et de s'arrêter ; les os ont le maximum de solidité avec le minimum de poids et leurs travées intérieures sont disposées *grosso modo* dans le sens d'une résistance aux pressions et aux tractions ; l'organisme est pourvu d'un système intérieur de défense qui prévoit même l'improbable (anticorps, phagocytose, balayage des poussières par les mucus de l'appareil respiratoire, réflexes de la toux, des paupières, rôle avertisseur de la douleur, régulation de la température, etc.). Toute la physiologie et l'anatomie peuvent très bien s'écrire en langage finaliste ; je crois même qu'il est impossible de parler autrement en physiologie, car le mot qui revient à chaque instant est celui de fonctionnement ou de fonction. L'organisme, a dit justement Reinke, est un mécanisme téléologique.

Assurément un animal sain, en pleine force, est une merveille d'organisation et souvent de beauté ; tout paraît témoigner en faveur d'une finalité préétablie et providentielle, directrice des énergies de la Nature. Mais ce tableau de maître n'est pas sans ombres. L'immunité est certes une propriété admirable qui défend l'organisme (plus ou moins longtemps !) contre le renouvellement d'une infection, mais pourquoi pas un état réfractaire ou d'indifférence qui mettrait l'être à l'abri de la maladie elle-même ? La douleur qui, après

expérience, nous fait éviter les traumatismes, est mal réglée ; exagérée dans certains cas (maux de dents, névralgies), elle n'apparaît pas dans d'autres très dangereux (néphrites, tuberculose pulmonaire, cancer au début). L'Homme, au moins en apparence, n'a nullement à se louer d'avoir des organes lymphoïdes sièges d'adénoïdites et de l'appendicite, des sinus maxillaires et frontaux (sinusite), des cellules mastoïdiennes communiquant avec l'oreille moyenne (mastoïdite consécutive à une invasion microbienne par la voie de la trompe d'Eustache), un cristallin qui durcit rapidement et ne s'accommode plus pour la vision rapprochée (presbytie) ; les glandes prostatiques ont une fâcheuse tendance à s'hypertrophier dans la vieillesse, et divers restes embryonnaires à faire des tumeurs ou des kystes (voir p. 75) (1).

Il faudrait être un cause-finalier renforcé pour admirer notre appareil dentaire, du reste en voie de régression par suite du raccourcissement de la mandibule et de l'aplatissement de la face ; les dents sont maintenant trop serrées et sujettes à la carie ; elles s'usent rapidement en dépit de la dureté de l'émail, du reste trop mince, et la néoformation de dentine secondaire ne suffit pas à les sauver. Au lieu de deux dentitions, il serait plus commode d'avoir des dentitions successives, comme celles des Crocodiles ; la poussée tardive des grosses molaires est pleine d'inconvénients.

Dans le règne animal, il n'y a guère d'harmonie qui n'ait une dysharmonie symétrique, ce qui du reste ne compromet nullement l'existence des espèces ; un nid

(1) Cette argumentation concernant les organes mal faits n'est pas décisive : si on laisse de côté les ruines vestigiales, les hypertélies et les dégradations dues au vieil âge, nous n'avons guère le droit de parler des erreurs anatomiques de la Nature ; il est très possible que les formations lymphoïdes mal placées, que les divers sinus aient un rôle à jouer soit dans le jeune âge, soit dans certaines circonstances de la vie.

est sans doute un abri bien imaginé pour la ponte et l'élevage des poussins ; mais l'Alouette, dont les pattes sont munies d'ongles tels qu'elle ne peut se percher, pond ses quatre ou cinq œufs à même le sol, sans autre abri qu'une motte de terre ou une touffe d'herbe ; le Coq de Bruyère, cependant arboricole, pond aussi ses œufs à terre, sans nid. Il y a des inégalités frappantes (à notre jugement d'Homme) dans les conditions de la reproduction : prodigalité folle des germes chez les uns, progéniture peu nombreuse, mais de plus en plus protégée chez d'autres. L'autofécondation des plantes ou la fécondation croisée par l'intermédiaire des Insectes est assurément plus économique et plus sûre que la fécondation par le vent ; cependant les végétaux des trois catégories persistent côte à côte.

La Hyène tachetée (*Crocuta crocuta*) met au monde des petits, 2 ou 3 par portée, étonnamment développés, avec incisives et canines, doués de vision, capables de courir et de crier dès le premier jour ; le Cobaye présente par rapport aux Muridés un avantage analogue. Cela ne paraît-il pas un extraordinaire progrès par comparaison avec les petits aveugles, glabres et impuissants de tant de Mammifères ? Pourtant les Muridés et les Félins à petits nus sont extrêmement prolifiques.

Quelle inégalité inexplicable dans les caractères sexuels secondaires ! Cependant l'Oie et le Pigeon, dont les sexes ne se distinguent pas l'un de l'autre, reproduisent tout aussi bien que les Gallinacés dont les mâles ont de splendides ornements hypertéliques. Quelles différences inattendues dans l'ornementation ! Des Gastéropodes formidablement armés de piquants acérés, comme certains *Murex*, voisinent avec d'autres espèces à coquille lisse. Que de bizarreries s'écartant sans raison visible du type habituel ! : bec aplati transversalement du Macareux, bec croisé des *Loxia* et des *Loxops*, bec recourbé vers le haut de l'Avocette, bout du

bec dévié fortement à droite chez le Charadriide *Anarhynchus* de la Nouvelle-Zélande, casque du Calao, bec énorme et léger du Toucan, ciseaux à lames inégales du *Rhynchops*, bec baîllant de l'Anastome, etc...

Les monstres. — Un autre argument-massue contre le finalisme est l'existence des monstres ; qu'est-ce qu'un monstre ? C'est un être qui s'écarte considérablement du type de l'espèce, parfois à un point tel qu'il peut n'être pas viable. Il y a évidemment deux sortes de monstres : 1° ceux chez lesquels l'anomalie s'est produite au cours du développement, par suite d'une action extérieure : par exemple, Stockard place pendant quelques jours des œufs du Poisson *Fundulus heteroclitus* dans de l'eau de mer renfermant un excès de $MgCl^2$, puis il les remet

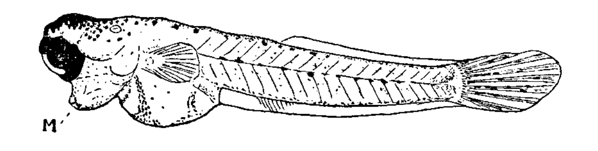


Fig. 15. — Jeune *Fundulus heteroclitus*, éclos depuis une semaine environ, provenant d'un œuf qui s'est développé dans de l'eau de mer additionnée de chlorure de magnésium : M, bouche placée au sommet d'un museau conique, sous l'œil unique (d'après Stockard, *Journ. exp. Zool.*, 6, 1909).

dans de l'eau normale ; un grand nombre d'embryons, jusqu'à 50 p. 100, présentent des anomalies oculaires, notamment un seul gros œil frontal (fig. 15) ; ces cyclopes peuvent du reste éclore et mener la vie libre. Même en admettant que ces monstres artificiels vivent et reproduisent, on sait que leur cyclopie ne serait pas transmise ; ils ne présentent donc aucun intérêt évolutif.

2° D'autres monstres proviennent d'une mutation germinale et par conséquent constituent des types nouveaux, qui transmettront leurs caractères : on en connaît

de très nombreux exemples, puisque toutes les mutations fortes sont en somme des monstruosités : Mouton-loutre ou ancon, Chien basset, Bœuf camard ou ñato, Chien bull-dog, Souris et Chats sans queue, Souris, Chats et Chiens sans poils, Poisson rouge à queue en voile et à anale doublée, Pigeon culbutant, Souris valseuse, Poules à hernie céphalique, à bec croisé ou sans croupion, coquilles sénestres, plantes à fleurs doubles, fascies, arbres tortillards, pleureurs, etc...

D'après notre définition (p. 36), ce sont des hasards biologiques, sans finalité intentionnelle, qui ont produit ces mutations fortes ; l'Homme qui a assisté à leur naissance les a parfois conservées pour des raisons de curiosité ou d'esthétique ; un nombre considérable de plantes d'ornement sont des monstres. Il s'est même trouvé, quelquefois, que la monstruosité lui a rendu service par sa convenance fortuite à certaines conditions du milieu humain : on raconte que les Moutons-ancon, à pattes courtes et torses, ont été appréciés par les fermiers du Massachusetts parce qu'ils ne pouvaient escalader les murettes de pierres séparant les pâturages ; les Chiens bassets à jambes torses sont utilisés pour la chasse parce que leur course assez lente permet de ne pas les perdre de vue.

Nous savons bien que ce sont des convenances de hasard, analogues à celle d'une pierre ramassée dans un champ et dont on se servirait comme marteau ; mais alors on peut se demander si les convenances entre êtres et milieu que l'on observe dans la nature (ce que l'on appelle des adaptations) ne seraient pas du même ordre, si les mutations fortes que l'on considère communément comme des monstruosités ne pourraient pas créer d'un coup des dispositifs vraiment nouveaux, équivalents à ceux que l'on connaît à l'état sauvage. En fait, la ressemblance est telle que l'on a souvent songé à demander à ces mutations fortes l'origine des grandes

déviations organiques, qui seraient le résultat non plus de lentes et graduelles orthogénèses suggérant un plan, mais de brusques changements fortuits : en effet, l'ectrodactylie ou suppression des doigts est réalisée normalement dans les pattes des Ongulés Imparidigités ou Paridigités, qui n'ont plus que 4, 3, 2 ou 1 doigt ; l'ectromélie ou disparition d'une paire de membres est l'état des Siréniens, des Cétacés, du Batracien *Siren*, du Poisson *Channa* ; l'amélie ou absence complète des quatre extrémités caractérise les Ophidiens, plusieurs lignées de Lézards (Orvet, Amphisbène, etc.), le groupe des Cécilies ; la phocomélie ou raccourcissement des deux segments proximaux des membres correspond à la forme des pattes natatoires des Pinnipèdes, Cétacés et Siréniens, et si l'on veut à celle des pattes antérieures fouisseuses de la Taupe et du *Spalax*. L'absence de dents (anodontie) est connue chez les Oiseaux, les Tortues, les Cétacés Mysticètes ; l'anopsie (perte des yeux) chez un grand nombre de Vertébrés et d'Insectes obscuricoles, l'atrichosis (perte des poils) chez le Rongeur africain *Heterocephalus glaber*, l'Eléphant, les Cétacés, l'Homme, etc...

Mais on sent bien que ces rapprochements sont très superficiels ; je ne suppose pas qu'un naturaliste serait satisfait si on lui disait, à titre d'explication causale, que la Baleine est un monstre présentant de l'ectromélie abdominale, de la phocomélie antérieure, de l'anodontie, de l'atrichosis et du gigantisme. De grosses mutations ne peuvent que rarement donner un type viable ; il ne suffit pas d'être phocomèle pour nager ou fouir ; il faut avoir aussi l'instinct adéquat et que le reste de l'organisme ne mette pas obstacle au changement d'habitat. Un Poisson rouge dont la caudale est étalée en large éventail, l'anale dédoublée en deux lames parallèles, et dont les yeux sont énormes et exorbités, constitue en apparence une formule nouvelle de poisson ;

mais la nageoire caudale n'est plus qu'un médiocre appareil de natation, bien inférieur à une queue simple; les deux anales, que l'on pourrait prendre pour une 3e paire de membres, n'ont aucune utilité, des muscles convenables ne s'étant pas développés ; l'animal est aveugle et déséquilibré. Ce monstre, qui est viable dans les conditions artificielles d'un aquarium, n'aurait aucune chance de succès à l'état de nature ; en fait aucun Poisson n'est bâti sur ce modèle.

Cependant, il y a quelques cas où les fondateurs de phylums importants ont été des monstres ; on ne saurait assigner une autre origine aux Pleuronectes, groupe prospère comptant de nombreuses espèces pélagiques et benthiques et très probablement polyphylétique. Quand on voit un Flet sur un fond de sable fin, on peut croire qu'il a été fait pour ce biotope, tant son adaptation est excellente : enfouissement rapide, parfaite homochromie copiante de la face zénithale portant les deux yeux, régime alimentaire carnivore ; qu'a donc fourni le hasard dans cette réalisation? Sans doute un modèle plus ou moins grossier, à tête tordue, dont *Psettodes* est le premier descendant ; par une chance inouïe, il a persisté parce qu'il a trouvé immédiatement un milieu qui convenait à sa structure ; puis ce modèle s'est perfectionné en devenant benthique, en acquérant le mécanisme extraordinaire de l'homochromie copiante grâce auquel il reproduit sur sa face supérieure le dessin et la couleur du fond sur lequel il se pose, tandis que la face inférieure ou nadirale, cachée, est sans pigment. On dirait que la Nature inlassable, c'est-à-dire le hasard biologique, fournit les nouvelles formules de vie, ébauches qu'un pouvoir mystérieux réussit parfois à façonner pour en faire des êtres adaptés et comme finalisés. — Parmi les monstres qui ont réussi à s'établir d'une façon durable, on peut encore citer les Gastéropodes, dont l'organisation révèle une torsion de 180°

de la moitié antérieure qui s'est produite chez une larve ; les coquilles sénestres (genre *Physa*, par exemple, et espèces isolées), les Planaires polypharyngées, la Némerte *Gorgonorhynchus* à trompe très ramifiée, sans doute les Pagures à abdomen contourné et quelques autres formes enroulées, peuvent être considérés comme des mutations fortes apparues et fixées d'un seul coup. Les espèces ou genres d'Astéries et d'Ophiures dont le nombre des bras est supérieur à 5 proviennent certainement de mutants polymères, comme ceux que l'on rencontre assez souvent chez les espèces normalement pentamères. Les Becs-croisés (*Loxia* de nos forêts, *Loxops* d'Hawaii) résultent de la fixation d'une mutation connue chez des Oiseaux domestiques (Poule) ; les *Loxia* se servent adroitement de leur bec anormal pour libérer les graines de Conifères en desserrant les écailles des cônes.

La finalité externe. — Assurément on trouverait tout à fait ridicule de dire que l'herbe a été faite pour le Mouton, le Mouton pour le Loup, et le Loup pour son Ténia et sa Puce ; cependant la finalité externe n'en existe pas moins sous une forme élargie, car c'est elle qui enchaîne le minéral, le végétal, l'herbivore, le carnassier, le parasite ; leurs rapports réciproques sont la condition même de leurs existence : *sint ut sunt, aut non sint*. C'est un fait que la biosphère, à travers mille vicissitudes, se maintient dans son ensemble, parce qu'il y a complémentarité des conditions astronomiques et physico-chimiques de notre planète, des microbes, du règne végétal et du règne animal : Cosmos, en grec, a la signification primaire d'*ordre*, opposé à *chaos*. Mais cette complémentarité a changé bien des fois au cours des âges ; celle de la longue période antérieure au paléozoïque, alors qu'il n'existait que des Protistes, quelques Invertébrés et des végétaux, était très diffé-

rente de celle du carbonifère, du tertiaire ou de l'époque actuelle, les naissances et les extensions de groupes suivant nécessairement la décadence et même l'extinction des groupes anciens. Ce qui est étonnant, c'est que cet ordre changeant ait *toujours* réussi, depuis deux milliards d'années, à maintenir la Vie sur terre, et même une Vie toujours plus variée. *Tout se passe comme si la Vie était nécessaire* ; en se plaçant au point de vue mécaniste, on ne comprend pas pourquoi, car on peut très bien concevoir un Cosmos azoïque ; il ne manque certes pas de planètes inhabitées et inhabitables.

C'est un autre fait que cette persistance et cet arrangement ordonné du monde vivant exigent le sacrifice massif des larves et des jeunes pour maintenir l'équilibre entre espèces, le massacre journalier des herbivores par les carnivores, la destruction d'un nombre énorme d'Insectes par leurs parasites variés, l'étouffement lent des plantes délicates par les plus robustes et les plus fécondes. Si nous comprenons plus ou moins la nécessité d'un renouvellement perpétuel des êtres, nous sommes cependant surpris par des souffrances que nous jugeons inutiles : quand on voit un Crapaud dévoré vivant pendant plusieurs jours par les asticots de la Mouche *Lucilia bufonivora*, on est enclin à penser que si la Direction finaliste a été favorable à la Mouche dont la larve, jadis, se nourrissait d'une quelconque charogne, elle ne l'a pas été au Crapaud. Que de hideux et inutiles fléaux ! Parasites, cancers, maladies infectieuses touchent tous les êtres, au hasard, depuis les Bactéries jusqu'à l'Homme. Il faut beaucoup de bonne volonté pour considérer avec optimisme :

La Nature aux dents et aux griffes ensanglantées (Tennyson).

Le mécanicisme a donc beaucoup de bonnes raisons à invoquer pour repousser absolument l'idée d'une téléo-

logie bienveillante qui veille au mieux individuel ou même universel ; pour lui cette conception est définitivement périmée (1). Le mal et la souffrance existent ; la Nature n'a ni pitié ni justice ; le Hasard est roi ; la Mort seule fait le tri entre ce qui est viable et ce qui ne l'est pas ; les êtres vivants sont un amalgame complexe de finalités organiques, de dystélies et d'atélies.

*
* *

Partie constructive du mécanicisme.

Nous allons, après l'exposé des critiques, passer à la partie constructive, c'est-à-dire aux conceptions d'un mécaniste sur l'origine de la Vie, l'évolution, et l'explication de la finalité organique.

Le début de la Vie. — Il est plus commode, avec certains philosophes grecs et arabes, d'admettre l'infini de l'Espace et du Temps et l'éternité d'un monde sans commencement ni fin que de concevoir un moment où l'Univers et la Durée auraient commencé à partir de zéro, et un autre moment où ils finiront, les destins étant accomplis ; le néant est en effet impensable.

On a supposé aussi que la Vie était éternelle comme l'Univers et que des germes cosmiques, extrêmement

(1) En dehors de la Biologie, l'existence du Mal physique ou moral a toujours été un problème angoissant pour les esprits religieux, qui postulent une divinité protectrice : aussi, non sans logique, ont-ils maintes fois imaginé deux Principes contraires, en lutte l'un contre l'autre : Horus et Seth, Ahura Mazdâh (parsi : Ormazd) et Anrô Mainyav (Ahriman), Bouddha et Mara le Mauvais, Dieu et Satan, Beelzeboub ou Iblis. Jadis, l'Esprit du mal, l'Adversaire comme l'appellent volontiers les théologiens, était conçu d'une façon encore plus anthropomorphique que l'Esprit du bien ; mais sa représentation s'est également épurée ; la médecine lui a retiré beaucoup de ses emplois.

petits, ensemencent les planètes lorsque celles-ci se trouvent dans un état physico-chimique convenable (hypothèse de la panspermie ou du transport par météorites) ; l'évolution de cette matière vivante suivrait partout les mêmes chemins, de sorte qu'il pourrait y avoir dans l'Univers un nombre indéterminé d'humanités (1). Mais nous ne pouvons pas le savoir ; les systèmes planétaires qui existent sans doute dans la Voie lactée et dans les autres galaxies sont tellement éloignés de nous qu'il ne paraît pas possible que ces humanités hypothétiques se manifestent par un signal quelconque, en admettant qu'elles cherchent à le faire. Quant à notre propre système, la question paraît réglée : il n'y a que la Terre qui soit dans un état convenable pour l'établissement du type de Vie que nous connaissons ; Mercure, la planète la plus proche de l'astre central, n'a pas d'atmosphère ; celle de Vénus ne renferme ni oxygène ni vapeur d'eau ; la planète doit son éclat à des nuages d'acide carbonique et d'oxydes de métaux légers. Mars a une atmosphère rare, avec très peu d'oxygène et de vapeur d'eau ; le froid nocturne est intense, vu la faible densité de l'enveloppe gazeuse ; cependant quelques astronomes sont assez disposés à voir dans les « mers » martiennes de grandes plaines couvertes d'une végétation verdâtre qui présente des variations saisonnières vers le brun et le rouge (mais cela peut être tout autre chose que des végétaux). Jupiter, Saturne et Uranus sont glacés (de — 135° à — 170°), recouverts d'ammoniaque, de méthane et d'hydrogène.

Il ne manque pas d'excellents arguments pour repousser l'hypothèse de la panspermie (action mortelle des ultra-violets sur les germes cosmiques) ; du reste le

(1) Les romanciers n'ont pas manqué d'exploiter l'hypothèse : Wells, par exemple, dans « *La Guerre des Mondes* » et « *Les premiers hommes dans la Lune* ».

mécaniste n'est pas favorable à l'idée de la Vie existant de toute éternité et du peuplement des planètes habitables par des germes cosmiques, car cela impliquerait une différence catégorique entre le vivant et la matière brute plus ou moins organisée. Le mécaniste tient pour certain qu'il n'y a pas coupure entre vivant et non vivant ; il croit que la Vie apparut sur notre globe sous forme d'êtres colloïdaux extrêmement simples et ultra-microscopiques, ne comportant bien entendu aucun principe vital non spatial ni aucune propriété occulte ; leurs descendants ont toujours été en se compliquant par le seul jeu des conditions physico-chimiques de l'Univers, sans but ni dessein.

Reste à savoir quels sont ces premiers êtres ; il ne saurait être question des Bactéries visibles, autotrophes, se nourrissant des éléments purement minéraux de l'air, de l'eau et des corps dissous dans celle-ci, comme les Thiobactéries, Ferrobactéries et Nitrobactéries actuelles ; elles sont beaucoup trop complexes pour s'être produites d'un coup ; il faut chercher encore plus bas.

Des découvertes récentes ont fait connaître une catégorie d'êtres qui paraissent combler le hiatus entre vivant et non-vivant ; ce sont les ultra-virus et les phages. Nous les connaissons parce que leur parasitisme a révélé leur existence et a permis de les étudier ; le plus célèbre est la nucléoprotéine-virus cristallisable, agent de la mosaïque du Tabac et d'autres plantes, maladie très contagieuse (*contagium vivum fluidum* de Beijerinck, 1898) au cours de laquelle la nucléoprotéine augmente sa substance aux dépens des sucs de son hôte (W. M. Stanley) ; elle est cristallisable soit en aiguilles, soit en longues chaînes paracristallines et flexueuses ; on peut la faire cristalliser 15 fois de suite sans qu'elle perde sa propriété infectante. Un autre virus, propre aux Tomates, cristallise en dodécaèdres

rhombiques. Il paraît bien que la classe des ultra-virus comprend de nombreuses espèces : on y range encore le virus du papillome infectieux du Lapin (non cristallisable), les bactériophages et beaucoup d'autres agents de maladies (1).

Que le virus cristallisable soit une nucléo-protéine dont le poids moléculaire est énorme (2), c'est certain ; qu'il présente un caractère essentiellement vital, celui de l'assimilation dans un milieu convenable (être vivant), on n'en saurait douter ; s'agit-il donc d'une substance chimique pure qui serait un être vivant ? Cependant il paraît (Bronfenbrenner et P. Reichert) que les ultra-virus ne présentent pas de phénomènes respiratoires ; or c'est l'oxydation avec mise en liberté d'énergie, qui est le phénomène vital par excellence ; les ultra-virus ne seraient donc pas tout à fait vivants.

Il est possible que les ultra-virus et les phages aient la même valeur que des êtres chimiques connus dans les cellules, tels que les mitochondries et les gènes chromosomiens, doués comme eux d'activité assimilatrice dans le milieu où on les trouve et se multipliant par division sans perdre leur taille et leur individualité chimique. La micelle de la nucléoprotéine de la mosaïque du Tabac pourrait être une particule libérée d'une cellule de Solanée et avoir présenté une sorte de mutation qui la rend létale pour le milieu dont elle sort ; aussi lorsqu'elle est introduite à nouveau dans

(1) Voir la bonne mise au point de Jean Rostand, *Les virus-protéines* (*Revue de Paris*, 46, 1939, p. 770), *Handbuch der Virusforschung*, par divers auteurs (Springer, Wien, 1938-39) ; J. Rostand, *Biologie et médecine*, 1939.

Le sujet des ultra-virus a pris une telle importance qu'un périodique spécial leur est maintenant consacré (*Archiv für die gesamte Virusforschung*, à partir de mars 1939).

(2) La molécule du virus mosaïque du Tabac est longue de 300 ou 150 millièmes de μ et a un diamètre de 15 *m*μ (*Nature*, London, n° 3635, 1939, 49).

une cellule de Tabac (ou de *Phlox*), elle assimile mais se comporte comme un agent de maladie, n'étant pas coordonnée à l'ensemble. De même le bactériophage pourrait être une parcelle de Bactérie, mutée en une substance lysante pour l'espèce de Bactérie dont il provient.

Quoi qu'il en soit, il reste acquis qu'ultra-virus et phages constituent un degré structural inférieur au degré bactérie, qu'ils présentent des caractères propres aux vivants, et que les dimensions de leurs particules s'échelonnent d'une façon presque continue en rejoignant les plus petits microbes, depuis les quelques millimicrons ($\mu\mu$) de la fièvre aphteuse jusqu'aux 200 $\mu\mu$ de la variole.

La connaissance des ultra-virus et des phages nous conduit à envisager la genèse *graduelle* d'un complexe, dont les parties réagissent les unes avec les autres et avec le milieu, de sorte que la configuration totale est le siège de phénomènes spéciaux que l'on dénomme vitaux : assimilation, pouvoir de transformation énergétique, irritabilité, auto-régulation, reproduction ; le Tout a une taille et une forme définies. A une époque très lointaine (1), lorsque l'atmosphère était transparente pour les ultra-violets, ceux-ci provoquèrent la synthèse de l'aldéhyde formique à partir de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, et la formation d'amide formique par photolyse du gaz carbonique en présence d'ammoniaque. La condensation de l'aldéhyde formique avec l'amide formique conduisit au glycocolle et aux nombreux acides aminés ; la grosse molécule fixa alors des éléments minéraux contenus dans le milieu marin, soufre, phosphore, des métaux ; il apparut ainsi à la surface des océans encore chauds des masses im-

(1) J'ai emprunté les lignes suivantes à un article de A. Dauvillier et E. Desguin, Sur l'origine de la vie (*Revue scientifique*, mai-juin 1940, p. 292).

portantes de matières organiques, gélatineuses, filles des ultra-violets. Le dégagement d'oxygène, bientôt partiellement transformé en ozone par l'ultra-violet, limita progressivement le spectre solaire à sa valeur actuelle, et la photosynthèse de la matière organique fut définitivement arrêtée.

C'est cette matière qui s'organisa graduellement en complexe *hétérogène* et *coordonné*, c'est-à-dire en être vivant, d'abord au degré bactérie invisible continu avec le degré bactérie visible ; puis celle-ci donna le degré cellule, évoluant soit dans le sens de la motilité (Protozoaires), soit dans celui d'organisme chlorophyllien (Protophytes), et enfin se forma le degré groupement cellulaire, qui commença avec les Algues, les Champignons, les Eponges. Le complexe vivant originel a pu se former une seule fois en un seul point du globe, par un hasard extrêmement rare, ou sur d'immenses surfaces océaniques pendant un certain temps. Le mécanisme accepterait volontiers la seconde hypothèse (polytopisme, polychronisme). Bien entendu, ce qui s'est passé sur la Terre peut se reproduire sur les Terres d'autres systèmes planétaires.

Mais il n'est pas défendu de penser que la succession fortuite de ces attractions atomiques qui s'articulent si bien est incroyable en l'absence de dessein, que tout cela équivaut à cette idée (très finaliste !) qu'il était dans la destinée du globe de produire la Vie, et dans la destinée de celle-ci d'aboutir à l'Intelligence. En somme nous ne savons rien de sûr, et toutes les spéculations sur l'origine de la Vie sont permises ou parfaitement vaines, comme l'on voudra. On peut même soutenir qu'il n'y a pas d'autre humanité que la nôtre, ce qui restituerait à la Terre, en dépit de l'erreur géocentrique, son caractère unique.

Le mécanicisme se donne donc les premiers êtres vivants, arrangements colloïdaux hétérogènes apparus

par hasard et développés graduellemenl durant les premiers âges du globe.

Le darwinisme. — Pour expliquer l'évolution et la finalité organique, le mécanicisme a une théorie, du reste admirable, le darwinisme. Bien qu'elle soit très connue, il est nécessaire que j'en donne un bref résumé.

Considérons à un moment du Temps une faune et une flore ; c'est un fait positif que toute espèce donne naissance à une quantité plus ou moins grande de germes, et c'est un autre fait, non moins certain, que dans une biocoenose en équilibre, c'est-à-dire dans laquelle le nombre des représentants de chaque espèce reste sensiblement constant d'une année à l'autre, n'arrive à maturité sexuelle que le nombre d'exemplaires nécessaire pour remplacer les disparus. Si le nombre des individus qui survivent est moindre que celui des disparus, l'espèce est en déchéance ; elle se raréfie et peut disparaître, laissant parfois une place vide ; dans le cas inverse, l'espèce plus prolifique s'étend en surface jusqu'à ce que s'établisse un nouvel équilibre.

Darwin a admis, par *analogie* avec la sélection artificielle pratiquée par les éleveurs, que dans la nature la mort avait un effet sélectif ; les individus qui présentaient par hasard une variation favorable, morphologique ou physiologique, avaient plus de chances que les autres d'échapper à la destruction. Cette sélection naturelle (survival of the fittest, elimination of the unfit), constamment en action, finissait par avoir des effets sensibles sur de grands nombres et au bout de longues périodes de temps. Il en résultait à la fois une diversification des espèces et un perfectionnement dans l'adaptation. Cette théorie, claire et logique, par le jeu inéluctable de la variation aveugle et de la mort effectuant le tri, avec la collaboration du Temps, rendait compte en

apparence de tous les faits ; elle était renforcée par quelques théories accessoires, la sélection sexuelle, l'hérédité des caractères acquis par l'usage, le non-usage ou l'influence du milieu. L'explication darwinienne était presque toujours satisfaisante pour l'esprit, du moins en gros ; la notion d'utilité ou d'avantage pour le vivant remplaçait l'intention dans la genèse de la finalité de fait, car le moindre détail peut jouer un rôle dans le maintien de la vie. La souplesse de la théorie avait même permis de rattacher à une même fonction deux états nettement opposés : celui des animaux dont la couleur rappelle celle de l'entourage (homochromie), ce qui peut les dissimuler à la vue des prédateurs en quête de proies, et celui des animaux bien défendus, à teintes vives et souvent contrastées, qui s'exposent à la vue comme s'ils ne craignaient aucune attaque (coloration prémonitrice). Que d'articles séduisants n'a-t-on pas écrits sur les moyens de défense, les couleurs protectrices ou vexillaires, le mimétisme, les adaptations assurant la fécondation croisée des fleurs, les instincts compliqués des Insectes ! On comprend l'enthousiasme des naturalistes, désormais libérés de l'obsession du finalisme et des causes occultes ; le darwinisme s'intégrait aisément dans la conception d'un cosmos mécaniquement pur, sans but ni dessein, pâté de boue fait par deux enfants aveugles, la Matière et la Force, comme disait T. Huxley ; aussi le succès de la théorie fut-il immédiat et complet.

L. Errera, que nous avons cité plus haut à deux reprises (p. 45 et 56), la première pour affirmer l'existence de la finalité de fait, la seconde pour repousser un finalisme intentionnel, est pleinement satisfait par la théorie de Darwin : « Tant que la finalité apparente n'était pas expliquée par des lois naturelles, les sciences biologiques n'étaient point sorties de leur période d'enfance » (*Recueil d'œuvres*, I, p. 39). — « Grâce à la sélec-

tion naturelle, nous pouvons concevoir que des facteurs aveugles produisent un résultat en apparence intelligent. » (*Philosophie*, p. 291). — C'est également la pensée de Delage : « Naegeli ...montre qu'il n'a pas compris Darwin dont le grand mérite est précisément d'avoir montré comment on peut expliquer par des forces aveugles une harmonie finale qui, jusqu'à lui, semblait démontrer l'intervention d'une intelligence supérieure. » (*La structure du Prot.*, etc., p. 371). — Goblot admet aussi que c'est par la sélection que les fins sont réalisées. — Giard écrit : « Pour expliquer les adaptations merveilleuses telles que celles que nous observons entre les Orchidées et les Insectes qui les fécondent, nous n'avons guère le choix qu'entre deux hypothèses : l'intervention d'un être souverainement intelligent et la sélection. » *Bull. Soc. franç. Philos.*, 5, 1905, p. 249). — Conklin reconnaît que « le principe de sélection est la seule explication causale et intelligible de toutes les formes d'adaptation, et si nous le rejetons, nous devons nous rabattre sur les explications non mécanistiques ». (*Problems of organ. adapt.*, p. 350). — De Vries exprime la même idée : « La haute valeur de la théorie de la sélection de Darwin tient, comme tout le monde le reconnaît, à ce qu'elle explique la finalité dans la nature organique, au moyen de principes purement naturels et sans le secours d'aucune idée téléologique ».

Remarquons en passant que le darwinisme n'est pas une théorie aussi purement mécanistique qu'il paraît tout d'abord : en effet, il prend la Vie comme donnée, sans spécifier qu'elle est la suite d'un hasard singulier, dans lequel n'est intervenu aucun Pouvoir créateur ; il admet implicitement que la Vie est proprement une fin, qu'elle tend (et réussit) à se maintenir, en dépit des changements cosmiques et du renouvellement continu des faunes et des flores ; elle est conquérante d'espace et de matière, car elle étend son domaine en se diversi-

fiant ; la sélection ne peut jouer que dans cette condition. Il sera donc toujours possible d'insérer l'explication darwinienne dans un vaste système de téléologie, comme Th. Huxley l'avait fait remarquer avec raison.

Laissons de côté la partie purement lamarckienne du darwinisme, à laquelle Darwin ne tenait pas beaucoup ; il n'y attachait d'importance qu'en ce qui concerne le non-usage, car on ne saura t nvoquer l'utilité pour un organe plus ou moins atrophié ; quand il s'agit d'un caractère utile, comme par exemple la fourrure épaisse de l'hiver, il y a juxtaposition d'un effet direct de l'abaissement de température et de la sél

ayant fortuitement un pelage plus épais.

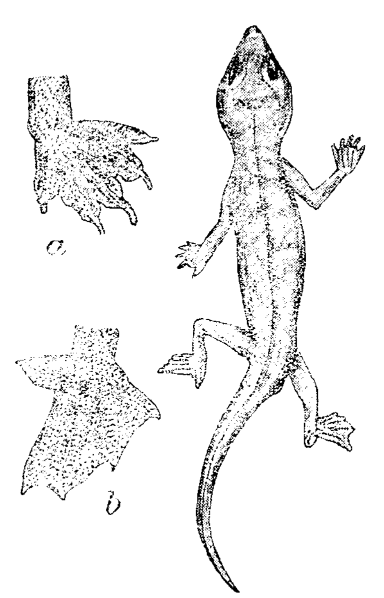


Fig. 16. — *Palmatogecko Rangei*, Gecko du S.-O. africain vivant dans les dunes de sable : *a* et *b*, pattes antérieure et postérieure montrant la palmure (d'après F. Werner, 1910).

Un excellent test pour la théorie sélectionniste est l'histoire de la palmure ; il est bien connu que les animaux qui vivent en milieu humide ont fréquemment des pattes palmées, comme les Loutres, les Phoques, comme les Oiseaux que l'on rassemblait autrefois dans l'ordre des Palmipèdes, etc. ; c'est si habituel qu'un zoologiste à qui on présenterait une dépouille ou une empreinte mon-

trant une palmure, ne manquerait pas de conclure aux mœurs aquatiques de l'espèce ; il pourrait se tromper cependant (très rarement), car la Nature a parfois une même solution pour des fins différentes : ainsi le *Palmatogecko Rangei*, Gecko des dunes côtières du sud de l'Afrique, a une palmure notable aux deux paires de pattes (fig. 16) ; or, il n'a jamais été aquatique, pas plus que les autres Geckos ; ce doit être une adaptation à la vie dans le sable ; en effet ce Lézard creuse des galeries en utilisant sa palmure comme une pelle. De même la Taupe américaine (*Scalopus aquaticus*) a les pattes postérieures palmées, d'où le nom spécifique erroné que lui a donné Linné. Le *Ptychozoon*, Gecko de Malaisie, qui vit sur des troncs d'arbres, a des palmures (et aussi des expansions cutanées sur la tête, les flancs et les bords de la queue aplatie de bas en haut) ; il est bien probable que cela répond à quelque condition de la vie de ce Lézard. — Inversement le zoologiste rencontrera d'authentiques Oiseaux d'eau qui nagent et plongent avec facilité, bien que les doigts soient complètement ou à peu près libres : Rallides comme le Râle d'eau (*Rallus aquaticus*), la Poule d'eau (*Gallinula chloropus*), le Râle marouette (*Porzana porzana*) ; quelques Charadriiformes, Oiseaux de rivage, ont une palmure incomplète ou variable : Chevalier guignette (*Actitis hypoleucos*), Chevalier gambette (*Tringa totanus*), Huîtrier (*Haematopus ostralegus*) ; un Rongeur très bon nageur, le Campagnol d'eau (*Arvicola terrestris amphibius*) ne diffère en rien de son allié terrestre, sans palmure (*A. terrestris* ou *sherman*).

Mais à part ces quelques exceptions, du reste explicables, il n'en reste pas moins acquis que la palmure est révélatrice d'une vie aquatique, car elle manque presque constamment aux animaux franchement terrestres. C'est un fait *statistique* (fig. 17) que les animaux d'eau, en très grande majorité, ont des pattes palmées, ou des doigts

bordés de larges festons, comme les Grèbes et les Foulques, ou encore une queue aplatie transversalement, comme les Tritons, le Varan du Nil, les Serpents

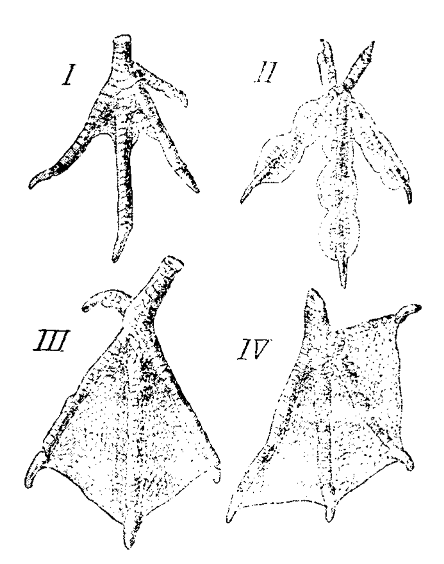


Fig. 17. — I, patte d'une Poule de ferme, avec rudiment de palmure ; II, patte de Foulque (*Fulica atra*), avec festons élargissant la surface digitale ; III, patte d'Oie domestique (*Anser anser*), ancien aquatique devenu terrestre par la domestication ; IV, patte de Cormoran (*Phalacrocorax carbo*), à palmure réunissant les 4 doigts (totipalme) (Cuénot, *L'Adaptation*, 1925).

marins, les Crocodiliens, l'Ondatra musqué, le Desman, le Potamogale.

L'explication darwinienne — ou mieux néo-darwinienne — est bien connue : les divers représentants d'une même espèce présentent de légères variations fortuites dans la forme de la queue, dans l'étendue du repli de peau qui se trouve entre les doigts ; comme il naît beaucoup plus d'individus qu'il n'en peut subsis-

ter, il y a nécessairement une mortalité considérable ; il est logique que cette mortalité, pour des animaux aquatiques, porte de préférence sur les nageurs médiocres, moins aptes que les autres à fuir le danger ou à se procurer de la nourriture ; ceux qui présentent par hasard une variation avantageuse dans les organes de la natation survivent. Cette sélection naturelle des plus aptes opérant sur des générations successives détermine un progrès lent et continu dans les conformations utiles. Ainsi la palmure ou l'aplatissement de la queue se développe automatiquement par la survivance des meilleurs nageurs.

On comprend alors le phénomène de convergence (voir p. 25), si frappant lorsqu'on examine comparativement les habitants d'un biotope donné : il y a convergence *ichthyoïde* des Vertébrés bons nageurs : le Requin, l'Ichthyosaure, le Mosasaure, les Cétacés (fig. 20), convergence *talpoïde* des Mammifères fouisseurs, la Taupe (Insectivore), le *Myotalpa* (Rongeur), le *Notoryctes* d'Australie (Marsupial) ; ils sont aveugles ou ont de très petits yeux ; leurs pattes antérieures sont munies de fortes griffes, la fourrure est soyeuse et rase, la queue courte ou nulle ; ils ont l'instinct de creuser. Des arboricoles ont acquis indépendamment un patagium de planeur : Phalangers d'Australie, Ecureuils volants, Anomalure, Galéopithèque, Lézards du genre *Draco*. Des Vertébrés supérieurs capables de voler présentent de la convergence *ornithoïde* : Ptérosauriens, Oiseaux, Chauves-Souris.

Tout cela est certainement séduisant, mais repose entièrement sur l'hypothèse de l'avantage conféré par une variation fortuite. Or, rien n'est plus difficile à peser que l'utilité ; toute chose a un bon et un mauvais côté ; une adaptation morphologique, très avantageuse à certains moments, est gênante à d'autres, et on ne peut savoir si la balance est bénéficiaire ou défici-

taire ; l'adaptation morphologique est une spécialisation, et qui dit spécialisation dit restriction de la liberté d'action. Il est très probable qu'un Oiseau à pattes palmées nage avec plus d'aisance et de rapidité qu'un autre de même volume à doigts séparés, mais le premier sera un mauvais marcheur (pensez à un Canard) et ne pourra courir sur un sol raboteux ; les Palmipèdes se blessent facilement sur les cailloux ; le Grèbe castagneux, aux doigts bordés de festons, est un admirable nageur, mais sur le rivage il se traîne péniblement en s'appuyant sur son ventre ; le Plongeon (*Colymbus*), qui a une palmure, est encore plus maladroit que le Grèbe quand il est à terre ; il rampe plutôt qu'il ne marche, le ventre traînant sur le sol, si bien qu'il ne peut courir ni se tenir debout ; pour prendre son vol, il faut qu'il s'élance du haut d'un rocher. La palmure, avantageuse dans l'eau, restreint les possibilités sur terre ; l'animal ne peut guère s'éloigner du rivage (1). Au fond, les Rallides d'eau, sans palmure, sont favorisés par rapport aux palmipèdes ; et l'agile Ecureuil aux nombreuses espèces vaut mieux que le Galéopithèque à patagium. Or, la sélection darwinienne ne peut considérer qu'un total.

Il y a donc des difficultés à accepter la logique darwinienne, même dans un exemple qui lui est aussi favorable que celui de la palmure.

Aujourd'hui, le darwinisme n'est plus admissible (2) en tant que théorie générale de l'évolution et théorie

(1) Cependant la souplesse des organismes est si grande qu'il y a un groupe de Canards percheurs nichant dans les arbres.

(2) Je sais bien que d'éminents savants, surtout dans des pays de langue anglaise (T. H. Morgan, J. B. S. Haldane, Julian S. Huxley) se disent encore partisans du darwinisme ; mais duquel entendent-ils parler ? Il y a eu en 1936 à la Société royale de Londres un symposium sur la théorie de la sélection naturelle ; ceux qui y ont pris part ont parlé presque tous de la sélection entre espèces, qui existe réellement, mais qui est tout autre chose que la sélection darwinienne des petites variations spécifiques.

particulière de la finalité organique ; sans vouloir en faire une critique détaillée, qu'il me suffise de dire que sa chaîne logique a été définitivement brisée lorsqu'on reconnut que la mort n'avait pas cette fonction de triage qui est la clé de voûte du système : imaginons un pays où le nombre des Grenouilles vertes reste sensiblement le même d'une année à l'autre, ce qui est normal ; qu'est-ce que cela signifie? Etant donné qu'un couple de Grenouilles produit environ 5.000 œufs par an, et cela pendant n années, cela veut dire que sur $5.000 \times n$ individus possibles, au bout de n années il survit seulement 2 adultes, qui prendront la place du couple quand il disparaîtra ; il est évident que cette survie n'est pas due à quelque avantage anatomique ou physiologique, mais bien à la pure chance, d'autant plus que la destruction massive touche surtout les jeunes stades (têtards et jeunes métamorphosés), bien avant que le type ait atteint l'état parfait ; il y a bien quelques tarés et anormaux qui sont éliminés dès le début, mais leur disparition a plutôt un effet conservateur du type moyen de l'espèce.

Si entre individus de la même espèce vivant dans le même milieu, la mort n'a pas l'effet différentiel produisant le progrès discret et continu que postule la théorie darwinienne (uniquement par raisonnement et non par expérience), *la sélection n'en existe pas moins*, mais elle agit, non sur des individus, mais sur des *totalités*, espèces, races ou écotypes, en raison de leur aptitude physiologique *globale* à vivre dans des conditions données (voir p. 104). Même si la sélection darwinienne existait, elle ne saurait expliquer la genèse graduelle des organes sur le modèle des outils humains ; en effet, les étapes du début ne pourraient pas donner prise à la sélection, l'organe total fonctionnel n'étant pas encore formé ; Darwin disait lui-même que le problème de l'œil, quand il y songeait, lui donnait la fièvre.

Le mutationnisme. — Le mutationnisme, qui a succédé au darwinisme orthodoxe et au néo-darwinisme de Wallace et de Weismann, est un darwinisme amputé de ses deux parties les plus explicatives : l'hérédité des caractères acquis par le soma au cours de la vie individuelle (partie lamarckienne) et la toute-puissance *dans le détail* de la sélection naturelle ; aussi il n'a pas la prétention d'être une théorie générale comme les précédentes. Il renferme d'excellents chapitres, à solide base expérimentale, par exemple la connaissance approfondie de la variation et de l'hérédité, les modes de formation des espèces nouvelles, la genèse de l'adaptation nécessaire et suffisante, mais il ne nous renseigne pas sur l'apparition de nouveaux types structuraux, sur l'orthogénèse, sur le développement des adaptations raffinées ou des organes complexes, en un mot sur la finalité de fait.

Les variations mutatives, dont on connaît des milliers d'exemples, sont des hasards imprévisibles, rares, de sens quelconque : elles changent des symétries, modifient des couleurs, des dimensions, des métaméries, des formes, des chimismes (remplacement de l'amidon par la dextrine dans le grain de Maïs), des instincts ; surtout elles ont le pouvoir d'atrophier Chez les plantes auto-fécondables, elles créent du coup de petites espèces ou jordanons (*Erophila verna*, *Chelidonium laciniatum*, etc., etc.) Les aptitudes extraordinaires de certaines personnes dont les facultés mathématique, musicale ou artistique dépassent de beaucoup celles de l'homme moyen sont sans doute les résultantes de combinaisons ou de mutations rares ; l'intelligence et le goût sont certainement héréditaires, comme cela se voit dans les familles de polytechniciens, de musiciens, etc.

Si les mutants ont la même valeur vitale que les parents, ils se mélangent avec eux et l'espèce devient polymorphe (espèces collectives, comme l'Escargot des

jardins, l'Homme, etc.) ; s'ils sont inférieurs, ils disparaissent pratiquement, mais l'Homme peut les conserver pour son agrément ou son industrie ; les plantes cultivées, les animaux domestiques sont des mutants ou des combinaisons de mutants qui, en immense majorité, ne pourraient pas vivre à l'état de nature. Si le mutant est supérieur, il refoule son ancêtre (processus de substitution) (1) ou bien il s'établit dans un nouveau milieu, adéquat à sa constitution nouvelle : ainsi le nègre est un mutant mélanique, mieux adapté que le blanc aux régions tropicales ; le blanc ne saurait vivre d'une façon durable dans les conditions que supporte un Fuégien ou un Tibétain, pas plus qu'un Esquimau dans un pays tempéré. La mutation, atéléologique par essence, prend ainsi un aspect téléologique ; on pourrait croire que le nègre a été fait *pour* les régions chaudes, le blanc *pour* les pays tempérés et nordiques, l'Esquimau *pour* la zone arctique. Il convient d'analyser de près la genèse de cette apparente finalité.

Comme la Nature engendre éperdûment du pareil et du différent, elle offre à l'évolution d'innombrables combinaisons ; parmi ces milliers d'essais, il y en a un, de temps à autre, qui réussit à trouver une place vide ou mal défendue. Ce qui importe pour le succès, c'est la convenance physiologique globale d'une certaine constitution héréditaire (*préadaptation* = *sélection écotypique* de Turesson) ; chaque être qui vit et qui dure a trouvé par hasard le milieu qui lui convient suffisamment ; si le milieu change, il peut s'accommoder (il devient alors une relique de l'ancien habitat), ou il émigre, ou il meurt. D'où un renouvellement lent et

(1) On connaît de nombreux exemples de substitution chez les végétaux et les animaux : le remplacement du type clair de *Biston betularia* par ses mutants mélaniques, depuis 1850, a été suivi avec précision et continue à être surveillé.

continu des faunes et des flores, par extinction et naissance d'espèces.

Un lamarckiste, ou un darwiniste de stricte observance, aurait plutôt pensé, dans l'hypothèse d'un changement de milieu, que l'être, tenu pour largement malléable, se serait modifié sur place ; mais on sait maintenant que l'animal et la plante, tout au contraire, sont rarement accommodables ; leur prospérité est liée à des conditions extrêmement précises ; la moindre différence dans l'humidité de l'air ou la durée d'insolation, dans la nature du sol, suffit pour provoquer des changements dans les associations végétales et par contrecoup dans la faune. Quand on suit dans une forêt le sort de certaines espèces qui ont besoin de lumière, on voit que leur floraison, donc la multiplication par graines, est commandée par la révolution des coupes ; on peut prédire avec certitude l'année où on trouvera des Lis Martagon fleuris, ces plantes passant les longs intervalles entre les coupes à l'état de rosettes plus ou moins feuillues. Rien n'est plus instructif que la visite, après un grand intervalle de temps, d'une localité parfaitement connue : telle plante qui y était abondamment développée peut avoir disparu plus ou moins complètement devant des concurrences ; la savane ou la friche, abandonnée à elle-même, évolue vers son *climax*, c'est-à-dire vers un état final naturel, forêt ou désert, et la biocoenose change corrélativement.

La préadaptation. — Pour bien comprendre ce qu'est la préadaptation ou sélection écotypique, il est instructif de voir ce qui détermine les habitats.

Près de Nancy, il y a une grande carrière dont on extrait le calcaire utilisé pour la fabrication de la soude ; les déchets de petits fragments et de poussière ont été accumulés en un énorme tumulus blanc, d'un effet

esthétique déplorable, que l'on décida de masquer en le recouvrant de végétation. Bien entendu, d'innombrables graines y avaient été jetées par le vent, mais seuls, d'assez nombreux *Tussilago farfara* avaient pu y pousser. On y planta alors des pieds d'Aune glutineux (*Alnus glutinosa*) et d'Aune blanc (*Alnus incana*) ; ce dernier est dans les Alpes un occupant spontané des graviers de cours d'eau torrentiels et des berges mises à nu. Sur ce sol neuf, de pur calcaire avec un peu d'argile, qui paraissait irrémédiablement stérile, les Aunes prospérèrent et fixèrent le terrain ; quelques années après la plantation, le tumulus était presque entièrement recouvert de petits arbres. Pourquoi les Aunes ont-ils réussi à peupler cette place vide ? Parce qu'ils trouvaient à une faible profondeur l'humidité qui leur est nécessaire, ainsi que les sels minéraux, et aussi parce qu'ils sont associés avec un Champignon inférieur (*Actinomyces alni*), producteur de nodosités radiculaires, qui a la propriété d'assimiler l'azote de l'air comme les Bactéries des Légumineuses. Lorsque le sol fut quelque peu enrichi en azote, des Pins noirs d'Autriche (*Pinus laricio*), plantés en même temps que les Aunes, et qui étaient restés chétifs, se développèrent avec vigueur. Quelques plantes herbacées, dont les graines ont été amenées par le vent, commencent à peupler le sous-bois. La faune, encore d'une extrême pauvreté, comprend quelques Insectes ailés et de petites Araignées.

Les tuyaux d'alimentation en eau d'une usine de Thionville (Moselle) ont été un jour bouchés par l'accumulation du petit Bivalve *Dreissensia polymorpha*, accompagné de la Floridée d'eau douce *Lemanea annulata* ; le Mollusque a pu envahir les canalisations grâce à trois propriétés : il a une larve pélagique qui n'a pas été arrêtée à l'orifice filtrant plongé dans la rivière voisine ; il peut se passer totalement de lumière ; enfin il

est muni d'un robuste byssus qui l'attache solidement aux parois et lui permet de résister aux courants les plus violents.

Dans la région triasique de Lorraine, où le sel est à fleur de sol, il y a des mares ou des fossés dont l'eau a une salure variable, très faible à l'époque des pluies, très forte dans les périodes de sécheresse ; un seul Poisson vit dans ce biotope, et parfois il y abonde et atteint une grande taille : c'est l'Epinoche aiguillonnée (*Gasterosteus aculeatus*, variété *gymnura*) ; elle est douée d'une propriété d'euryhalinité que ne possèdent pas les autres Poissons des ruisseaux voisins ; on peut transférer brusquement une Epinoche dans de l'eau de mer, puis dans l'eau douce, sans qu'elle en soit affectée ; elle est si euryhaline qu'elle peut vivre dans une solution de sucre à 10 %, dans une solution de sulfate de sodium à 1 %, de sulfate de magnésium à 3,9 %, dans de l'eau glycérinée.

On sait que les formes polyploïdes des plantes supportent mieux les conditions extrêmes que leurs parents diploïdes, aussi bien dans les régions arctiques qu'au Sahara, et que les espèces hybrides ont une vigueur végétative qui leur donne un avantage certain sur leurs progéniteurs ; aussi la Graminée *Spartina Townsendi* (amphipolyploïde d'origine hybride), apparue récemment sur la côte de Southampton, s'est-elle largement étendue sur les vases marines à partir de son centre d'origine, en éliminant les autres espèces de *Spartina*.

De petits Rongeurs d'Amérique (*Peromyscus*), analogues à nos Rats, qui vivent dans une certaine localité sur un sol de sable blanc, ont un pelage très clair s'harmonisant bien avec le substratum et différant notablement du pelage brun foncé des *Peromyscus* forestiers. Il est probable que lors du peuplement de ce biotope, les mutants clairs qui existaient déjà dans l'espèce envahissante ont été avantagés ; ils se sont multipliés de pré-

férence au type foncé et ont ainsi constitué la race locale.

Examinons maintenant la faune d'un torrent : elle est constituée uniquement par des animaux *rhéophiles* vivant sous les grosses pierres, dans les anfractuosités du fond ou les touffes de végétaux ; ils présentent des dispositifs très variés, répondant à la nécessité dominante : ne pas être entraînés par le courant violent. Les larves d'Insectes (Perles, Ephémères, *Gomphus*) sont aplaties de bas en haut et ont des pattes fortement griffues qui s'accrochent solidement ; d'autres larves (Phryganes, Diptères) habitent des tubes fixés aux pierres; ou bien, si le tube est libre, il est alourdi par de petits cailloux



Fig. 18. — Larve torrenticole du Diptère *Deuterophlebia*. vue par la face ventrale (d'après Pulikovsky, *Trans. Ent. Soc. London*, 1924).

placés latéralement (larves des Phryganides *Silo* et *Goëra*). Les larves des Diptères Blépharocérides (*Liponeura*, *Curupira*, *Hapalothrix*, *Apistomyia*) qui vivent dans les torrents de l'Eurasie, des Amériques, de la Nouvelle-Zélande, portent sur la ligne médio-ventrale de l'abdomen six fortes ventouses qui leur permettent d'adhérer solidement et de ramper ; une autre larve de Diptère (*Deuterophlebia*) de l'Asie centrale et des Etats-Unis est autrement organisée : sept paires de parapodes latéraux portent à leur extrémité une ventouse et plu-

sieurs rangées de griffes (fig. 18). Des Poissons, des têtards de *Rana*, d'*Hyla*, d'*Ascaphus*, présentent des ventouses ou de larges disques post-buccaux de structure variée au moyen desquels ils font corps avec les galets du fond quelle que soit la force du courant.

Dans un travail dont le titre indique suffisamment l'intention critique, Popovici-Baznosanu a rapporté aux préadaptations (sans trop s'en apercevoir) les dispositifs morphologiques des torrenticoles : « Si quelques espèces d'animaux ont pu pénétrer dans le torrent et vaincre la force du courant, elles ont réussi à le faire grâce aux organes qu'elles possèdent (griffes, ventouses, propriété de sécréter des substances collantes, etc.), mais tous ces dispositifs ne sont pas des organes nouveaux qui existeraient seulement chez les torrenticoles. » Je suis tout à fait de cet avis ; les ventouses existent aussi chez les Hirudinées d'eau tranquille et les Platodes parasites (où elles répondent à d'autres fins que chez les rhéophiles), mais il a bien fallu qu'elles apparaissent à un moment donné ; il est possible que parfois, elles se soient développées chez un animal déjà torrenticole, pour renforcer la fixation assurée plus ou moins bien par d'autres procédés.

Etant donné ce qui a été dit plus haut, on comprend que dans un milieu déterminé ayant certaines exigences, les végétaux de familles différentes qui y sont installés présentent des caractères communs, traduction de l'adaptation nécessaire. L'approvisionnement en eau, dont la dépense est réglée surtout par la structure et la persistance des feuilles, a une importance fondamentale pour la vie de l'espèce ; aussi y a-t-il des *formes biologiques* qui répondent aux conditions des divers climats et donnent une physionomie particulière au paysage ; par exemple, il y a des types très différents de forêts : la forêt hygrophile, composée d'arbres à feuilles larges (mode Laurier), constamment feuillés, dans les climats

humides et chauds des régions subtropicales sans grands froids hivernaux ; la forêt d'arbres sclérophylles ou oléoïdes du pourtour de la Méditerranée (mode Olivier, Chêne vert), la forêt de Conifères du type pinoïde, xérophiles et résistants au froid des régions septentrionales ou des montagnes, aussi bien qu'à la sécheresse des régions méditerranéennes, la forêt tropophile d'arbres à feuilles caduques des climats tempérés à hivers froids ou des climats tropicaux à saison sèche. Pour désigner ces aspects divers des formations forestières, Brockmann-Jerosch a proposé les noms de *Laurisilva, Durisilva, Aciculisilva, Aestatisilva* (forèt des pays à hivers froids), *Hiemisilva* (forêt feuillée durant la saison des pluies, et en repos durant la saison sèche), *Pluviisilva* (forêt des régions équatoriales à pluviosité élevée). Toutes ces formations végétales se sont constituées petit à petit, par le hasard des rencontres des espèces et du milieu, au cours des vicissitudes géologiques ; celles-ci ont laissé des traces dans les forêts actuellement tropophiles de Lorraine et des premières pentes des Vosges, où l'on rencontre cependant des reliques tertiaires du type hygrophile Laurier, comme le Lierre, le Daphné lauréole et le Houx.

Les propriétés ou caractères qui ont permis ou facilité aux biotes le peuplement de milieux nouveaux préexistaient évidemment à l'entrée dans ceux-ci ; peut-être étaient-ils latents ou inutiles ; car une Epinoche qui vit en eau douce n'a que faire d'être euryhaline ; une plante peut être immune vis-à-vis de Champignons qui n'ont jamais été en contact avec elle ; une larve d'Insecte habitant une eau stagnante peut aussi bien être plate que bombée. Mais ces caractères fortuits, sans usage, prennent une importance décisive lors d'une émigration ; ce qui a été constaté pour l'Aune, la Dressensie, l'Epinoche, le *Peromyscus*, s'est passé de tout temps pour toutes les espèces ; on connaît de nombreux

exemples d'animaux et de plantes qui, transportés par les navires, le commerce ou le vent, s'établissent loin de leur patrie d'origine et refoulent même les occupants indigènes ; on les dirait faits pour leur nouveau milieu.

De ces considérations découle une conséquence évidente : comme l'animal ou le végétal ne peut vivre que dans un milieu qui convient à sa structure et à sa physiologie, son habitat résulte d'un choix ou d'une heureuse rencontre fortuite : *l'adaptation nécessaire et suffisante* est donc forcément antérieure à l'installation dans un milieu donné ; elle est toujours une préaptitude, une *préadaptation*. On a souvent critiqué ce terme parce qu'on lui trouvait une saveur finaliste ; il semblait indiquer que les êtres étaient préparés d'une façon voulue pour leur future destinée ; c'était, une fois de plus, confondre la question de fait avec une interprétation métaphysique.

Si le rapport qui existe entre la conformation et la physiologie d'un biote et les conditions physico-chimiques de l'habitat est *au début* la résultante d'une rencontre de hasard, une évolution subséquente, procédant par étapes toujours dans le même sens (c'est l'orthogénèse), a souvent comme terminus une différenciation telle que l'animal ne peut plus sortir de son milieu, sous peine de mort : la Baleine et la Taupe, par exemple, ont derrière elles une très longue histoire. Tout se passe comme si, après le phénomène de hasard, l'évolution irréversible était dirigée vers une fin.

La sélection darwinienne permettait de comprendre cette direction comme une marche vers une spécialisation toujours plus précise, dont chaque étape était un sensible progrès ; or nous croyons beaucoup moins à l'avantage de la spécialisation, qui apparaît surtout comme une possibilité d'occuper des places vides ou peu peuplées ; aussi le mutationnisme n'a-t-il aucune explication à donner de l'orthogénèse. Tout ce qu'il peut

affirmer, c'est que l'organe a nécessairement apparu avant la fonction (le contraire serait impensable ; ainsi, la plume, puis l'aile sont antérieures au vol ; la plume et le poil ont précédé l acquisition de la température constante, qu'ils contribuent à régler (voir p. 161) ; il serait logique de trouver à l'état fossile, dans un terrain antérieur à celui de l'*Archaeopteryx*, un Reptile revêtu à la fois d'écailles et de courtes plumes. Je suis persuadé qu'un cerveau compliqué, mais comme endormi, a précédé l'intelligence humaine et qu'un souple larynx existait avant le langage articulé. Sur l'échelle du Temps, la forme dépasse la fonction aux deux extrémités des séries ; elle la précède : c'est la préadaptation ; elle lui survit : c'est l'organe atélique ou vestigial.

On peut dire que le mutationnisme rend compte d'une façon satisfaisante de la microévolution (formation des espèces), de l'adaptation nécessaire et suffisante, de la convergence et même de certaines apparences de finalité. Il est bien clair que dans une biologie ainsi comprise, il n'y a en jeu que du hasard, sans but ni dessein ; c'est un retour à la pensée grecque d'Epicure (1), qui s'efforçait de parvenir à une conception purement rationnelle de l'Univers et de la Vie.

Mais il reste toujours à expliquer la finalité de fait et le tout de l'organisation; reprenons donc l'exemple concret de la palmure des aquatiques. Le mutationnisme ne recourt plus à l'action automatique, continue et discrète de la sélection naturelle des petites variations favorables; il est contraint d'admettre des variations fortes, donnant d'un coup, chez quelques rares individus, une palmure plus ou moins complète (ou l'aplatissement de la queue); cela ne dépasse peut-être pas le pouvoir de la mutation, bien qu'elle ne soit pas souvent constructive ; la palmure est en somme un arrêt de développe-

(1) Polémique d'Epicure contre Théophraste, disciple d'Aristote.

ment de la palette digitale. Si cette variation apparaît chez un animal de mœurs terrestres, celui-ci ne peut être que gêné (à part des cas spéciaux comme celui du *Palmatogecko* qui vit sur du sable fin, voir p. 96) et il a quelque chance d'être détruit ; mais si la mutation affecte des individus d'une espèce déjà aquatique ou habitant le bord des eaux, ceux-ci pourront l'utiliser en nageant plus loin, plus longtemps ; ils pourront peut-être gagner des biotopes qui leur étaient interdits, s'isoler de leur souche et constituer une race palmée. Ainsi, le nouvel organe, palmure ou queue plate, encombrant et inutile pour les terrestres, utilisable pour les aquatiques, se localisera chez les animaux d'eau ou de rivage.

Cette histoire romancée a bien des points faibles ; l'avantage supposé de la palmure est-il si important (p. 100) ? Il n'est guère croyable, d'autre part, qu'un organe un peu compliqué se constitue par mutations successives et additives ou par changement graduel de fonction, car cela impliquerait un plan ; une aile de Chauve-Souris n'a pas pu se développer d'un coup à partir d'un patagium d'arboricole, ce qui ne suffirait pas du reste pour faire une Chauve-Souris, car l'aile est en corrélation avec de nombreux détails de structure et de physiologie.

Ainsi la petite mutation quantitative, dont le domaine s'étend de l'hypertélie jusqu'à l'atrophie, semble impuissante à créer des nouveautés durables ; la grande mutation, qui déborde largement les limites de l'espèce et du genre, aboutit à des monstres ; nous avons vu plus haut (p. 84) qu'il est fort rare que ceux-ci soient l'origine de lignées viables.

Somme toute, le darwinisme et son fils le mutationnisme, suffisants et même satisfaisants dans bien des cas, échouent sur le même écueil : l'adaptation morphologique précise, l'outil. La Nature est géomètre, puisqu'elle fait des cristaux ; mais ceux-ci sont des arrangements

moléculaires absolument indifférents à l'existence des substances ; peu importe que celles-ci soient amorphes ou cristallisent en cubes ou en rhomboèdres ; tandis qu'un outil, un organe est une chose complexe répondant à une fin utile ; il est articulé par sa fonction avec la machinerie vitale, ou encore présente un rapport de convenance avec le milieu. Il ne paraît pas que la Nature aveugle puisse *inventer* des outils.

La théorie des causes actuelles. — Le mécanisme a encore une ressource, c'est de dire qu'il n'y a rien à expliquer, en niant ou en minimisant à l'extrême l'adaptation morphologique, ou en la regardant, quand elle est évidente, comme une coïncidence, un hasard qui joue la finalité. Cette attitude vraiment hardie, j'ai envie de dire paradoxale, est celle de la théorie des « causes actuelles » (1) de Delage, reprise et développée par Rabaud.

C'est un fait que les caractères spécifiques sont contenus en puissance dans l'œuf fécondé qui donne naissance à l'individu ; or cet œuf a été nourri pendant longtemps dans l'ovaire de la femelle (de même que l'élément mâle dans le testicule) par les sucs organiques. Ceci posé, imaginons que les conditions de vie d'une espèce se modifient ; par exemple que le climat devienne plus chaud ou plus humide, qu'un herbivore mange une plante arrivée récemment dans son district, qu'un carnivore pressé par la disette cherche une proie inaccoutumée, etc. ; si l'espèce supporte le changement, il est possible que sa physiologie générale soit quelque peu modifiée, et que les sucs nourriciers subissent le contre-coup de l'altération métabolique ; *il se peut*, alors, que le patrimoine héréditaire soit touché, et qu'en con-

(1) Pourquoi « actuelles » ? On dirait que Delage a voulu suggérer au lecteur un parallélisme avec les causes actuelles de la géologie ; mais sa thèse n'a aucun rapport avec celles-ci.

séquence des variations morphologiques apparaissent chez tous (?) les représentants de l'espèce; ces variations, évidemment, seront quelconques, sans rapport avec le mieux-être, sans rapport de convenance avec la modification de milieu qui, en somme, a été la cause déterminante du changement germinal. La mort fera le tri, en éliminant les porteurs de variations vraiment mauvaises, qui ne persisteront pas ; elle laissera subsister les variations indifférentes de couleur, de pilosité, de taille ; il pourra se faire que de temps à autre il apparaisse une conformation dont l'animal pourra tirer parti, tant bien que mal, de sorte qu'elle aura un vague rapport de convenance avec le milieu et qu'on tendra à la considérer comme une adaptation morphologique.

Ce raisonnement, d'apparence logique, séduit beaucoup de biologistes à goût moniste ; dans cette conception, il n'y a vraiment en jeu que du hasard ; la sélection supprime seulement le pire ; l'adaptation n'est guère qu'une illusion, et elle entraîne dans sa ruine la préadaptation, qui est rejetée avec d'autant plus d'empressement qu'elle a un certain parfum finaliste de préparation au futur.

En ce qui concerne la palmure, Rabaud s'est donné beaucoup de mal pour prouver qu'elle n'améliorait en rien la facilité de vivre, en se basant surtout sur son absence chez les Rallides aquatiques ; pour en être certain, il faudrait comparer un Canard normal avec un Canard privé chirurgicalement de palmure. A coup sûr, ce n'est pas un organe indispensable pour nager, mais il est utilisé (1) ; comment se fait-il, si la palmure ou la queue aplatie n'est ni nécessaire ni avantageuse, qu'elle soit si répandue chez les animaux aquatiques ? Rabaud se demande si ce n'est pas une traduction quel-

(1) Des bateleurs, qui évoluent dans un grand aquarium, ont jugé bon d'attacher à leurs pieds de larges palettes en forme de pattes palmées.

conque (sans valeur fonctionnelle, bien entendu) des échanges métaboliques des êtres habitant les eaux ; ils réagissent de la même façon, d'où convergence, les exceptions marquant les différences de réaction des diverses constitutions

Disons tout de suite que l'hypothèse de Delage et de Rabaud n'est pas acceptable du point de vue génétique ; la seule variation que nous connaissions est la variation mutative, discontinue et de sens quelconque, apparaissant capricieusement chez quelques rares individus d'une espèce, les autres restant inchangés ; il est incroyable que le fait de vivre dans l'eau ou un milieu humide provoque la naissance d'une formation à laquelle on ne peut refuser un rapport de convenance avec la natation (que ce soit très utile ou à peine utile) ; c'est ce rapport de convenance qui constitue l'adaptation morphologique ou statistique. Il est permis de trouver singulièrement prévenant ce hasard métabolique qui donne justement une palmure ou une queue aplatie à des animaux qui ont l'instinct de nager, même en tenant compte de la suppression des formes terrestres qui auraient été affligées de cet impedimentum.

Autre exemple, analysé avec prédilection par Rabaud : les cavernes et les fissures du sol hébergent une riche faune de petits animaux sténophotes, sténothermes et hygrophiles, qualifiés de troglophiles et de troglobies ; les premiers habitent à la fois le domaine souterrain et le milieu épigé ; les seconds sont des reliques de groupes disparus soit sur le globe, soit dans la région ; ils ont trouvé leur dernier refuge dans la nappe phréatique et les cavernes (Protée, plusieurs Poissons, de nombreux Crustacés comme le *Niphargus* et la Bathynelle, des Araignées, beaucoup d'Insectes, etc.). Les cavernicoles ont de remarquables caractéristiques : ils sont très généralement aveugles, les yeux étant régressés ou ayant disparu, quel qu'ait été leur type

structural ; ils sont presque toujours décolorés ; les terrestres ont très fréquemment des appendices (antennes, pattes et cerques) longs et grêles (fig. 19), comme si l'im ossibilité de voir était compensée par un tact et une olfaction plus développés. Il y a évidemment une corrélation entre ces caractères morphologiques et le milieu ; mais comment pouvons-nous la comprendre? Les troglobies étaient-ils préparés à l'entrée dans les cavernes par un mode antérieur de vie plus ou moins cachée dans les fentes du sol, sous les pierres ou la mousse, et ont-ils gagné le domaine obscur, humide et tranquille, de température égale et basse, avec leurs caractéristiques actuelles ou du moins avec l'amorce de celles-ci (hypothèse préadaptationniste) ? Ou bien étaient-ils oculés et pigmentés quand ils ont pénétré à l'intérieur des grottes dont les conditions les ont graduellement modifiés (hypothèse lamarckienne) ? En ce qui concerne les yeux et le pigment, on est à peu près d'accord ; les précurseurs des troglobies étaient plus ou moins décolorés et avaient des yeux réduits lorsqu'ils me-

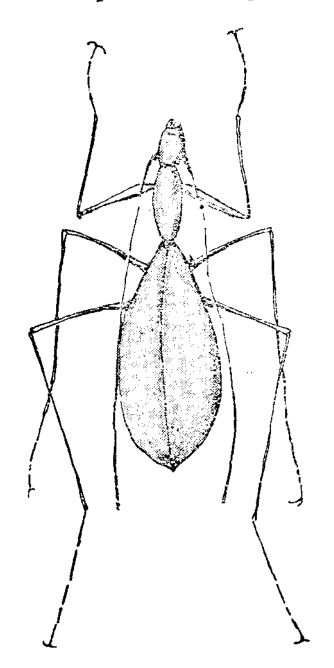


Fig. 19. — Coléoptère cavernicole aveugle, décoloré, à appendices minces et allongés : Silphide *Antroherpon cylindricolle* (long 5 mm. 5), d'une grotte de Bosnie (Cuénot, *L'Adaptation*, 1925).

naient dans les forêts la vie épigée de transition. Quant à la gracilité des appendices, Jeannel et Rabaud admettent qu'elle témoigne d'une nutrition effectuée sans lumière et que les cavernicoles sont des formes *étiolées* ; il me paraît qu'ils se sont un peu trop souvenus des plantes qui émettent à l'obscurité de longues pousses blanches. J'incline à croire que l'allongement des appendices est antérieur à la vie hypogée que, peut-être, il a facilité ; on le voit, même sous une forme excessive, chez des Insectes simplement nocturnes, troglophiles des caves, des fentes de rochers ou des serres, comme les Dolichopodes, les *Tachycines* asiatiques, et même chez des espèces vivant en pleine lumière, pour lesquelles il ne saurait être question d'étiolement. Il est à noter que les guanobies, qui vivent à même le guano des Chauves-Souris, ne diffèrent aucunement de leurs alliés épigés, et que les troglobies aquatiques ne présentent pas habituellement un allongement notable des appendices.

La théorie des causes actuelles, dont la base est purement hypothétique, n'apporte pas de lumière nouvelle ; elle échoue complètement, comme le reconnaissait Delage, pour expliquer la formation d'un organe aussi compliqué et aussi adapté que l'œil, et même du moindre outil.

* * *

Il nous reste à dire brièvement comment la foi dans l'universel mécanicisme retentit sur l'Homme, notamment sur sa vie sociale et spirituelle. Dans cette conception, l'Homme, à peine assuré de son existence terrestre, ne peut avoir pour but que de passer le moins désagréablement possible les quelques années qui lui sont dévolues par sa structure ; c'est un animal grégaire, mais autrement que les Fourmis et les Abeilles, car il n'a pas l'*esprit* de la ruche et de la fourmilière ; il reste

individu en société. Aussi, pour vivre en paix avec ses semblables, pratique-t-il une morale minima, imposée par l'expérience, qui maintient tant bien que mal l'accord dans le clan et la cité, d'où une pédagogie appropriée pour faire passer dans les mœurs des habitudes socialement utiles de discipline, de solidarité, de devoir, et l'établissement de sanctions afflictives pour qui enfreint les règles ; la sécurité est au prix d'une contrainte relative et d'une hypocrisie normale. Un vague humanitarisme qui n'est guère qu'une forme d'égoïsme, comme le précepte d'Hillel (Ne fais pas aux autres ce que tu ne voudrais pas qu'on te fît), conçoit bien un progrès vers un mieux-être universel, mais celui-ci est constamment remis en question par les passions destructives, les vices sociaux, l'intérêt personnel, l'inégalité foncière des individus, la folie des mystiques.

Quant aux relations avec les voisins, elles se règlent d'ordinaire par la loi de la jungle, chaque clan gardant jalousement son terrain de chasse ; l'Histoire est le récit des luttes économiques et des poussées déterminées par les différences de natalité, les peuples dominants se succédant sur la Terre comme les groupes animaux dans la Nature.

L'Homme, dit-on, a un sentiment religieux inné ; mais on peut interpréter celui-ci comme étant originellement de la peur, ou la recherche obscure d'une causalité téléologique ; jeté par le hasard dans un monde hostile qui n'a pas été fait pour lui, craignant les fauves, le tonnerre, la tempête, la faim, il a senti le besoin d'un protecteur très puissant auquel il puisse recourir, soit en le contraignant par des opérations magiques, soit en se le conciliant par des sacrifices et la prière.

Seigneur cruel de la Terre, il en épuise à une vitesse toujours accrue les réserves d'énergie que, par fortune, les millénaires y ont accumulées ; il cherche à prendre

la maîtrise de plus en plus complète des forces de la Nature, pour accroître son bien-être ; mais c'est absolument vain, puisque les besoins augmentent en proportion même des facilités que la science donne, pour les satisfaire, à une partie de l'humanité. L'Homme, du reste, joue souvent le rôle de l'apprenti-sorcier ; il déchaîne des forces qu'il lui faut ensuite endiguer, et ses plus belles inventions sont immédiatement utilisées pour sa propre destruction ; il est trahi par ses techniques (les avions, les sous-marins, les poisons chimiques, les stupéfiants, les ruptures d'équilibres biologiques, etc.).

Si les phénomènes naturels sont irréversibles, comme on le croit généralement, et si l'énergie utilisable va toujours en diminuant (2e loi de Clausius-Carnot), il arrivera fatalement, dans quelques millions d'années, un moment où la Terre, vieille et minuscule planète toute couverte de poussière humaine, s'éteindra dans le froid et l'immobilité énergétique ; et ce sera comme si la Vie n'avait jamais existé ; rien ne conservera le souvenir de ce que les Hommes souffrirent et enfantèrent ; les marbres antiques, les monuments orgueilleux, les livres, les machines, notre science dont nous sommes si vains, tout sombrera dans un vaste et profond silence de mort, sous le regard glacé des étoiles éternelles.

Il est même possible que l'Homme ne voie pas la fin de la Terre ; il y a bien des espèces qui ont disparu avant et après sa venue et, à moins qu'il ne soit un type exceptionnel et unique (idée finaliste !), son extinction totale n'est pas un événement tout à fait improbable ; la sélection naturelle, facteur eugénique, ne joue plus que d'une façon restreinte : la conservation des moins aptes, qui fut l'un des buts des sociétés humaines dès leur aurore, se paie par l'amoindrissement de la race ; les méfaits de l'urbanisation, les guerres totales suppriment les lignées supérieures et donnent

une prime à la médiocrité, plus féconde que l'élite. L'avenir de l'humanité n'est pas autrement rassurant ; mais préciser davantage serait du roman scientifique.

Tout cela est cohérent et logique ; à la vérité, si éloignée que soit l'échéance, il est désagréable de penser que l'humanité vit et travaille en vain (1) ; mais après tout, pourquoi un système du monde serait-il consolant ? Beaucoup d'esprits, qui se soucient peu de l'avenir lointain, s'accommodent du mécanicisme universel et le trouvent même reposant ; nul sphinx ne pose à l'Homme de problèmes angoissants ; il n'y a plus de métaphysique, ni de bien ni de mal moral ; rien n'existe au-delà du rideau mouvant des phénomènes perçus par nos sens. L'Homme, l'un des derniers-nés de cette machine sans maître qu'est la Nature, doit se contenter de la recherche sur le « comment » des faits, puisqu'il n'y a pas de « pourquoi » ; ce faisant, il accroîtra son emprise sur la matière, satisfera sa curiosité et échappera à l'ennui, son ennemi mortel.

(1) C'est la pensée qu'exprime Méphistophélès dans le IIe Faust : « Fini et rien, c'est exactement la même chose. Que signifie l'éternelle création, si tout ce qui est créé doit aller au néant ? »

TROISIÈME PARTIE

LES THÉORIES NON-MÉCANISTES OU FINALISTES.

Le titre comporte le pluriel ; en effet si le mécanicisme ou monisme matérialiste est un et définitif, les théories qui s'opposent à lui sont multiformes et apparentées surtout par une idée : *il y a dans la Nature autre chose que du pur mécanisme.*

Cette troisième partie est un exposé succinct des principales théories proposées par des biologistes non mécanistes, et par quelques autres qui essaient d'introduire dans le mécanisme pur des conceptions nouvelles, plus ou moins claires ; les unes se centrent autour du lamarckisme, d'autres autour de la vieille idée scolastique de Totalité organique ou de l'entéléchie aristotélienne ; d'autres encore s'intéressent aux nouveautés que crée la Vie. S'il y a tant d'hypothèses, c'est qu'évidemment l'interprétation mécanistique de la Vie n'est pas satisfaisante.

Lamarck.

On peut distinguer deux parties dans l'œuvre philosophique de Lamarck : une vue générale sur la vie et l'évolution et une théorie explicative de l'adaptation morphologique. La première n'est pas sans contradictions : Lamarck, certainement déiste, s'exprime souvent en pur mécaniste : une Puissance intelligente et

sans bornes à créé la matière passive, puis a délégué ses pouvoirs à un intermédiaire, la Nature, partout assujetti à des lois, instrument d'exécution de la volonté divine ; la Vie est un phénomène physico-chimique, qui apparaît presque chaque jour d'une façon spontanée dans de très petits corps gélatineux, formés dans les milieux humides ; c'est l'origine de chaque règne, et sans doute aussi celle de plusieurs de leurs branches. A partir de ces débuts, le propre de la vie crée des plans d'organisation, moyens par lesquels la vie s'exprime et se prolonge en suivant une progression ; une cause fortuite, étrangère au système de lois (! ?) modifie son ouvrage et peut même le faire disparaître. L'harmonie que nous remarquons partout entre l'organisation et les habitudes des animaux, et qui nous paraît une fin prévue, n'est qu'une fin nécessaire ; en effet, les circonstances particulières dans lesquelles chaque espèce s'est rencontrée, ont amené des habitudes, des besoins d'action, qui ont fait naître les organes qui y sont propres, et ce sont les usages de ces organes qui les ont développés. Pour ma part, j'ai quelque peine, dans ces considérations confuses, à découvrir les hautes pensées que des commentateurs français attribuent généreusement à Lamarck.

La théorie de l'adaptation morphologique, qui est proprement le lamarckisme, est plus claire ; elle peut être définie la causalité du désir ou du besoin, ou encore l'hérédité des effets mécaniques de l'habitude : l'Oiseau que le besoin attire sur l eau pour y trouver la proie qui le fait vivre, écarte les doigts de ses pattes lorsqu'il veut nager ; la peau prend l'habitude de s'étendre et, ainsi se forme, par hérédité des effets de l'exercice répété pendant de nombreuses générations, la palmure des animaux aquatiques. Lorsque c'est la queue qui est utilisée comme organe natatoire, les choses qu'elle reçoit latéralement tendent à l'aplatir et

à l'élargir (1). La gaine des griffes des Chats résulte de l'effort pour retirer en arrière les grandes griffes nécessaires pour déchirer leurs proies, mais gênantes dans la marche sur un sol pierreux.

Le non-usage, c'est-à-dire l'absence de besoin ou de désir, frappe d'atrophie graduelle et peut même faire disparaître l'organe qui ne sert plus : ainsi les animaux cavernicoles qui vivent dans l'obscurité absolue des cavités du sol et des eaux souterraines ont perdu les yeux et le pigment tégumentaire (voir p. 115). — Les Serpents, ayant pris l'habitude de ramper sur la terre et de se cacher sous les herbes, leur corps, par suite d'efforts toujours répétés pour s'allonger, afin de passer dans des espaces étroits, a acquis une longueur considérable ; les pattes sont devenues sans emploi et ont totalement disparu, quoiqu'elles fussent réellement dans le plan d'organisation des animaux de leur classe (*Philos. zool.*, I, p. 244).

L'explication lamarckienne a pour base un fait réel, celui de l'auto-régulation ou accommodation individuelle ; il n'est pas douteux que l'usage d'un organe le fortifie et l'amplifie dans une certaine mesure, et que le non-usage a tendance à le dégrader jusqu'à une certaine limite ; cela se constate facilement, dans l'expérience journalière, pour les muscles, le conjonctif, les os, l'épiderme ; les effets de la pratique des sports et de l'entraînement raisonné sont bien connus. Mais Lamarck extrapole d'une façon téléologique : il admet que l'organisme développé répond *constamment* au besoin, à l'effort, à l'action du milieu, aux traumatismes, par une création ou modification utile : c'est ainsi que la patte de l'Oiseau aquatique répondrait au besoin de mieux nager ou à la friction de l'eau par la naissance

(1) Le lecteur pourra comparer cette explication avec celles données plus haut par le darwinisme (p. 96), le mutationnisme (p. 111) et le delagisme (p. 114).

d'une palmure. — « Les animaux ruminants, ne pouvant employer leurs pieds qu'à les soutenir, ne peuvent se battre qu'à coups de tête, en dirigeant l'un contre l'autre le vertex de cette partie. Dans leurs accès de colère, qui sont fréquents, leur sentiment intérieur, par ses efforts, dirige plus fortement les fluides vers cette partie de leur tête, et il s'y fait une sécrétion de matière cornée dans les unes, de matière osseuse mélangée de matière cornée dans les autres. De là l'origine des cornes et des bois, dont la plupart de ces animaux ont la tête armée. » (*Philos. zool.*, I, p. 254).

Comme l'a justement fait remarquer Bergson, à propos de la formation d'un œil en réponse à une excitation lumineuse, c'est reconnaître implicitement à la Nature une finalité immanente, en attribuant à la matière organique la mystérieuse puissance de monter des machines très compliquées, comme réaction aux excitations simples dont elle subit l'influence ; mais l'exemple du Râle d'eau et de la Poule d'eau, nageurs sans palmure (voir p. 97), montre bien que l'utilité ou le besoin d'un organe n'est pas une raison suffisante pour son apparition. D'autre part, le lamarckisme raisonne comme si l'espèce était formée d'individus qui ne meurent jamais et qui, pendant des siècles, subissent l'action modelante du milieu (si tant est qu'elle existe !) ; il fait abstraction de ce perpétuel recommencement et de la refonte de l'organisme par l'œuf, qui, lui, n'a pas d'organes, n'a pas fait d'effort, ni éprouvé de besoin.

Les critiques irréfutées de Weismann, toutes les acquisitions de la génétique qui nous ont fait comprendre la constitution des cellules germinales et le mode de transmission héréditaire, l'isolement précoce du germen, ont rendu complètement impensable l'hypothèse lamarckienne et ses dérivés. De très nombreuses tentatives ont été faites pour démontrer expérimentalement l'hérédité des modifications présentées

par le soma sous l'influence de causes extérieures ; presque toutes ont eu un résultat négatif, ce qui est tout à fait d'accord avec les observations que l'on peut faire chaque jour sur la non-transmission des mutilations ; quand un succès apparent était annoncé, il ne tardait pas à être réfuté par un autre expérimentateur. Le dernier essai est celui de W. Mc Dougall sur des Rats albinos, dressés à éviter un choc électrique ; l'expérience, assez compliquée, dure depuis 18 ans ; elle a porté sur 49 générations successives de Rats ; son auteur estime qu'elle démontre l'hérédité d'une acquisition psychique ; mais ce n'est pas l'avis de Crew et Agar (*Nature*, 143, 1939, p. 188) qui l'ont critiquée et l'ont refaite sans résultat.

Les lamarckistes expliquent l'échec constant — ou presque — des expériences parce qu'on ne tient pas compte du facteur Temps qui existe dans la Nature ; évidemment. Mais s'il faut des siècles pour que la transmission au germen devienne apparente (on ne comprend pas pourquoi, du reste), d'autres processus ont le temps de jouer, à la place de cette incompréhensible hérédité.

En dépit des critiques, des réfutations, de l'insuccès expérimental, de ses contradictions, le lamarckisme ne disparaît pas ; il frappe par des formules saisissantes, bien qu'approximatives : la fonction fait l'organe — Si la forêt a fait le singe, la caverne a fait l'homme — La période glaciaire du permien, dans la terre de Gondwana, a produit les Mammifères à sang chaud ; la période glaciaire du quaternaire, donnant naissance à la steppe, a produit l'Homme chasseur. — Les fleurs se sont faites belles pour les Insectes, afin qu'ils transportent leur pollen, etc.

Il faut reconnaître que le lamarckisme donnerait une explication bien séduisante, mais que je crois simpliste, de certains faits biologiques : la cécité des cavernicoles

(voir p. 115), les callosités héréditaires (p. 163), la courbure abdominale des Pagures logeant dans des coquilles (p. 169), l'architecture interne des os, les bourses séreuses prénatales, les différences de longueur entre intestin d'herbivores et intestin de carnivores, voire même les instincts qui paraissent être des expériences fixées (construction des nids). Il y a même des ultra-lamarckistes qui, dans la logique de leur foi, formulent avec sérénité des explications pour le moins invraisemblables ; ainsi Ed. Perrier a écrit : « Le *Diplodocus* marchait sur une terre couverte d'une végétation serrée dans laquelle l'animal avait à se frayer un passage ; la résistance des plantes en refoulant son tronc allongeait son cou, et sa queue, retenue par les branches qui se fermaient derrière lui était, à son tour, allongée par leur traction. » (*La vie en action*, Bibl. phil. scient., 1921, p. 210). E. Devaux invoque des accidents pathologiques pour rendre compte de faits anatomiques singuliers, par exemple la genèse du pouce opposable des Simiens, les doigts reportés en arrière des Oiseaux grimpeurs, la torsion de l'humérus (indiquée par la gouttière) des Mammifères « embrasseurs » tels que les Singes et l'Homme, la patte-pioche retournée de la Taupe, les pattes rameuses des Siréniens et des Cétacés dont la direction et les articulations sont des déviations de celles présentées par les Tétrapodes marcheurs. Devaux suppose que des Prétaupes, conformées suivant le type marcheur normal, en faisant des efforts pour fouir latéralement, de façon à rejeter la terre sur les côtés, ont luxé leurs pattes antérieures, sans fracture ; la plupart des individus qui avaient subi ce grave accident moururent, mais quelques-uns survécurent ; leurs pattes s'étant fixées dans la position tordue, l'animal en tira avantage pour son travail de mineur, et avec le temps, le nouveau dispositif devint héréditaire. Comment Devaux a-t-il pu négliger le fait,

mille fois prouvé, qu'aucun effet de traumatisme n'est transmissible ?

Le psycho-lamarckisme d'A. Pauly.

Pauly (1905), passionnément anti-darwiniste, critique vivement la notion de sélection naturelle, qui aboutit à une certaine téléologie en partant de la mécanique, c'est-à-dire du hasard, qui « fait possible l'impossible » ; il repousse aussi la conception d'une force vitale distincte des actions physico-chimiques, celle d'une tendance spontanée des organismes au perfectionnement (Vervollkömnungstrieb), et enfin le finalisme radical ou téléologie théiste, la plus naïve de toutes les hypothèses.

Après avoir éliminé ces concepts plus ou moins finalistes, il demeure néanmoins anti-mécaniste, parce que la finalité de fait apparaît avec une évidence éclatante chez les êtres vivants ; il attribue à ceux-ci — comme Lamarck — la propriété immanente d'établir un lien causal entre le besoin ou désir, phénomène psychique, et la réalisation organique répondant plus ou moins exactement à ce besoin. C'est la formule de Pflüger (1877) : la cause de chaque besoin d'un être vivant est en même temps la cause de la satisfaction du besoin.

Le point de départ d'une réalisation finalisée est le *besoin* qu'éprouve l'individu, par exemple à la suite d'une modification dans ses conditions de vie ; tout être vivant, qu'il soit unicellulaire, plante, animal sans système nerveux comme l'Eponge, ou animal à système nerveux plus ou moins développé, a un centre psychique qui, averti du besoin, réagit sur les régions intéressantes de façon à faire apparaître un nouvel organe ; celui-ci tend à satisfaire le besoin ressenti ; il peut avoir une importance considérable et modifier profondément le genre de vie de l'être, mais il peut aussi constituer un

luxe et même une erreur. La réalisation se fait par les propres cellules et tissus de l'individu et par les moyens dont il dispose, grandissement ou divisions cellulaires ; la plante ne peut réaliser ses fins que par des processus de croissance qui sont l'équivalent des mouvements et des efforts de l'animal ; ces processus sont l'effet de divisions cellulaires d'un côté et de l'arrêt des divisions sur le côté opposé, parfois aussi de phénomènes osmotiques, la perte d'eau produisant un raccourcissement des cellules (vrilles). La lumière et la pesanteur ne sont pas, comme on le dit, les causes des processus téléologiques, mais seulement des facteurs orientants ; la pesanteur ne détermine pas la croissance en sens opposés de la racine et de la tige ; c'est la plante qui dirige sa croissance, c'est-à-dire ses divisions cellulaires, suivant ses besoins et selon la pesanteur.

Un exemple concret rendra peut-être plus claire cette conception d'auto-téléologie psycho-physique : l'ancêtre de la Girafe, avant d'être longiligne, ressentit le besoin de brouter sur la couronne des arbres ; le cerveau répondit à cette excitation psychique par des influences énergétiques qui se portèrent sur tous les organes susceptibles d'intervenir pour la satisfaction du désir ; des divisions cellulaires aboutirent à des allongements et renforcements des vertèbres, muscles, nerfs, vaisseaux, trachée, œsophage, peau du cou, etc. ; la langue se transforma en un long outil de préhension qui entoure les branches et les arrache. Ces modifications multiples ne se produisirent pas seulement dans l'organisme développé ; les messages psychiques touchèrent aussi les noyaux des gamètes et spécialement les chromosomes, de telle sorte que ceux-ci orientèrent leur action, dans l'être en voie de croissance, pour arriver à la conformation désirée.

La théorie de Pauly diffère quelque peu de celle de Lamarck qu'elle améliore notablement ; peut-être s'y

mélange-t-il quelques souvenirs de la migration des gemmules darwiniennes et même de l'origine chromosomienne des mutations. Pauly affirme la téléologie, comme les néo-vitalistes Bunge, Pflüger, Rindfleisch, Borodin, Reinke, Kassovitz, K. Camillo Schneider, en mettant l'accent sur le sentiment du besoin comme cause psychique précédant et déterminant la structure anatomique.

Les théories mnémoniques.

Le point faible de l'idée lamarckienne est évidemment le deuxième principe, c'est-à-dire la transmission, puis l'inscription définitive dans le patrimoine héréditaire (cellules germinales) des caractères acquis par le soma au cours de la vie individuelle. Le seul enseignement qu'on pourrait à la rigueur tirer des essais de démonstration expérimentale (à résultats négatifs ou en tous cas non convaincants), c'est que l'acquisition somatique doit se répéter pendant un nombre *très grand* de générations avant d'être inscrite. Cela n'en resterait pas moins incompréhensible.

D'ingénieuses tentatives, que je considère comme uniformément malheureuses, ont tenté de rendre acceptable le deuxième principe : ce sont les théories de la mnème ou mémoire inconsciente des cellules ; l'idée, émise d'abord par Ewald Hering (1870), a séduit maints biologistes, Cope, Richard Semon, Tomkeieff, Rignano, Bleuler, Pierre-Jean, d'autres encore ; tantôt elle s'allie avec le mécanicisme (Semon), tantôt elle prend une forme téléologique plus ou moins poussée.

Le point de départ est le suivant : les événements extérieurs, les expériences des individus laissent des traces indélébiles matérielles dans le cortex cérébral (*engrammes*), de même que l'acier placé dans un champ magnétique intense acquiert et conserve des propriétés

magnétiques. L'engramme est pour Semon une modification chimique, pour Rignano une sorte d'accumulateur électrique, que le courant charge dans chaque cas d'une qualité unique, pour Pierre-Jean une mémoire cellulaire, pour Bleuler quelque chose d'imprécis porté par les gènes. L'ensemble des engrammes constitue le *mnème* (1).

Pour les mnémonistes, les engrammes du cerveau s'inscrivent dans les cellules germinales, celles-ci recevant des « messages psychiques » (Pauly), des « courants nerveux » de qualité précise (Rignano), des messages hormoniques. McDougall, qui accepte aussi la continuité de la mémoire individuelle avec la mémoire raciale, diffère profondément des autres néo-lamarckiens parce qu'il refuse une base spatiale à la mémoire, qui ne serait pas fondée sur une structure matérielle du cerveau (théorie *monadique* qui tient la cellule ou monade pour une entité psycho-physique).

Une fois que l'on a jeté ce pont-fantôme entre les réactions de l'organisme aux influences externes et internes, d'une part, et la constitution intime du patrimoine héréditaire d'autre part, on a la possibilité d'expliquer (?) les faits de l'hérédité, de la morphogénèse et de la vie mentale, tous phénomènes de mémoire raciale, de mémoire associative : les expériences passées de chaque organisme déterminent la spécificité de sa forme et de ses fonctions.

Le vitalisme énergétique de Rignano.

Vers 1922, E. Rignano provoqua une vaste enquête sur le finalisme, publiée surtout dans son journal « *Scientia* » ; divers savants exprimèrent leur opinion, pour ou contre, et Rignano exposa aussi sa manière de

(1) Voir dans Cahn un bon exposé favorable aux théories mnémoniques.

voir dans plusieurs livres. Comme d'habitude la partie destructive est bonne et même excellente ; la critique du mécanisme porte sur le métabolisme, la régénération, l'ontogénèse, l'adaptation préétablie, l'auto-régulation physiologique, les réflexes et instincts, l'activité mentale et les phénomènes sociaux ; Rignano montre que les manifestations finalistes de la vie sont des *faits indiscutables* ; si les biologistes mécanicistes s'obstinent à nier la finalité de la vie, c'est, dit-il, « dans la crainte d'être obligés de faire entrer en jeu une intelligence ordonnatrice extra-phénoménale, dont l'admission est incompatible avec toute la pensée scientifique positive ». Mais il repousse aussi l'entéléchie et l'élan vital, qu'il tient pour de purs verbalismes.

Il prétend donner une explication énergétique déterministe de tous les phénomènes vitaux, même les plus nettement téléologiques, en postulant une forme d'énergie particulière aux vivants, seule cause des manifestations finalistes ; ainsi le vivant finalisé s'oppose au monde inorganique, c'est-à-dire à l'ensemble de l'Univers ; celui-ci n'a aucun but et ne tend vers aucune fin.

Rignano, ardent lamarckien, est tenté, ce qui est tout naturel, de voir dans l'auto-régulation individuelle (réponse finaliste de l'organisme à l'effort et à l'action du milieu) le prélude et la source de l'adaptation générale ; on se souvient que pour Lamarck (voir p. 122) cela allait de soi. Darwin, qui avait bien senti la difficulté de comprendre la transmission de l'effet somatique à la cellule-œuf qui n'a pas d'organes, avait imaginé ses gemmules, messagers que la région modifiée envoyait aux cellules germinales ; Rignano, au lieu de gemmules, croit à des « courants nerveux » qui s'enregistreraient dans ces dernières ; mais gemmules ou courants nerveux, c'est tout comme ; on ne gagne pas au change.

Inutile de dire que cette énergie spécifiquement

vitale, formée d'unités ou nervions (analogues aux électrons), dont on ne saurait démontrer l'équivalence avec une autre forme d'énergie, est un *flatus vocis* par excellence. Les conceptions de Rignano, qu'il croyait propres à clore le séculaire débat entre vitalistes et mécanicistes, n'ont rien apporté qui mérite d'être retenu.

La conscience cellulaire de Pierre-Jean.

Les idées un peu sommaires de Pierre-Jean (pseudonyme de G. Buis, 1935) s'apparentent à celles de Pauly, de Rignano et de Vignon. Après la coutumière critique du mécanicisme, l'auteur se demande qui a inventé les griffes du Chat: Dieu (c'est-à-dire le finalisme providentialiste), la physique (c'est-à-dire le mécanisme radical) ou le Chat ? Il lui paraît que c'est le Chat ; l'œuf a perçu le besoin de griffer ; il envoie alors un message, disons une sorte d'ordre à double effet, aux cellules qui engendrent l'organe et à celles qui s'en servent ; il y a donc développement concomitant de l'appareil et de l'instinct. Les réactions de tout organisme ne sont pas déclenchées comme celles d'une mécanique montée, mais elles varient et s'adaptent à chaque cas nouveau, contredisant avec une évidence constante la thèse physico-chimique.

Il y a aussi inscription des expériences de la vie individuelle dans le patrimoine héréditaire : savoir faire un nid est maintenant un instinct, mais il a fallu que l'oiseau ait appris, dans une suite de générations, à bâtir son nid d'une façon raisonnée, de même qu'un vannier qui fait machinalement une corbeille a appris intelligemment à la tresser. L'hérédité est une mémoire qui apprend, les besoins la créent, l'expérience la corrige. Comme on le voit, la théorie de Pierre-Jean, qui attribue à chaque cellule une conscience inventive, est très proche du psycho-lamarckisme de Pauly.

La nomogénèse de Leo S. Berg.

En 1922, Berg, ichthyologiste russe, a publié dans sa langue un livre intitulé *Nomogenesis*, ou « *L'évolution déterminée par une loi* » (de νόμος, loi), qui a été traduit en anglais en 1926 et rendu ainsi accessible.

Pour Berg, l'évolution des espèces est le résultat de processus qui leur sont inhérents, c'est-à-dire qu'une loi stricte les domine ou ordonne ; en dépit des obstacles, les organismes évoluent sur les lignes prédestinées, ce qui exclut le double jeu de la variation de hasard et de la sélection naturelle. Les êtres vivants possèdent une propriété fondamentale : celle de réagir aux stimuli d'une façon adaptative, c'est-à-dire pour le mieux de l'individu ou de l'espèce ; c'est ce qu'exprime le premier principe de Lamarck (pouvoir d'auto-ajustement de Plate, Selbstregulierunsgvermögen, régulation fonctionnelle) ; ainsi la lourde parure du Cerf mâle conditionne l'épaisseur du crâne, ainsi que les muscles et les ligaments de la tête qui en supporte le poids ; il n'est nul besoin de faire intervenir la sélection naturelle.

L'évolution suit une marche orthogénétique, déterminée par des causes *autonomiques*, déroulement de potentialités ou de rudiments préexistants ; de plus le milieu affecte les organismes d'une façon impérative, de sorte que ceux-ci sont modifiés en masse (processus *choronomiques*) ; c'est pour cela que les habitants d'une même contrée présentent si souvent des caractères convergents ; ici abondent les coquilles ou les Carabes mélaniques, là les formes mimétiques ; dans l'Amérique centrale et du Sud, on relève la fréquence des Mammifères arboricoles à queue prenante, Sarigues, Fourmilier *Cycloturus*, Porc-Epic *Cercolabes*, Procyonide *Cercoleptes*, Singes Platyrrhiniens. Les formes géographiques sont

probablement nées sous l'influence des agents externes, tandis que les non-géographiques sont dues à des causes autonomiques.

Citons encore une opinion de Berg qui est l'antithèse du mutationnisme ; alors que dans cette dernière théorie, les mutants sont des individus solitaires ou peu nombreux dont le succès dans la Nature dépend exclusivement de la chance et notamment d'une fécondité supérieure, Berg admet que les facteurs autonomiques et choronomiques provoquent des changements de caractères d'une façon simultanée sur un grand nombre d'individus, ce qui rend plus compréhensible la genèse d'espèces nouvelles ; cette opinion, partagée par les botanistes russes Komarov et Paczoski, est aussi à la base de théories antérieures, évolution par causes internes de Naegeli, orthogénèse d'Eimer, hologénèse de Daniele Rosa.

En somme, la nomogénèse, d'inspiration essentiellement lamarckienne, est anti-mécaniste, puisqu'elle fait appel à une propriété immanente au vivant pour expliquer l'adaptation, et à une prédétermination interne pour rendre compte de l'évolution.

L'aristogénèse d'Osborn.

Henry Fairfield Osborn (1857-1935), qui dirigea longtemps le plus beau des Musées d'Histoire naturelle (l'American Museum de New York), a pu étudier un matériel paléontologique d'une incomparable richesse, surtout en Mammifères tertiaires ; il en a déduit ce qu'il appela les « principes de l'évolution bio-mécanique ». Il y a peu de choses à retenir de ses idées, mélange extrêmement confus et mal digéré d'emprunts aux théories antérieures. Pour Osborn, il y a deux sortes de changements évolutifs : 1° les *alloiometrons* ou *allometrons* (de ἀλλοιος, différent, et μετρον, mesure)

sont des modifications quantitatives de structures existantes, exprimables par des indices, comme par exemple la dolichocéphalie ou la brachycéphalie d'un crâne, la brachyodontie (dent courte) ou l'hypsodontie (dent à haute couronne), l'abréviation des doigts (brachypodie) des Rhinocéros et des Eléphants, opposée à leur allongement (dolichopodie) chez les grands coureurs du type Cheval ou Antilope, etc. Tantôt l'allométrie est rapportée à l'effet lamarckien de l'usage, tantôt à une action hormonique.

2° les *aristogènes* (de ἄριστος, le meilleur de sa sorte) sont des caractères vraiment nouveaux, qui apparaissent à des intervalles éloignés, antérieurement à tout usage, mais qui peuvent servir à un usage ; ils sont dus sans doute à une modification chimique du patrimoine héréditaire, en relation avec le changement séculaire des conditions de milieu ; ils progressent lentement et continûment durant les périodes géologiques, dans des directions adaptatives variées : ainsi chez un Proboscidien primitif de l'éocène, le *Moeritherium*, les molaires portent quatre aristogènes coniques (que l'on retrouve chez l'Equidé primitif *Hyracotherium*) ; durant le tertiaire, apparaissent de nouveaux cônes, qui s'arrangeront ensuite en crêtes parallèles ; l'allométrie interviendra au cours de l'évolution pour grandir la dent et élever verticalement la couronne. Il se trouve que ces conformations dentaires conviennent aux régimes herbivores variés des Proboscidiens (préadaptation ?). L'évolution dentaire des Equidés suivra une marche tout autre, indice des différences potentielles des patrimoines héréditaires.

Les cornes paires des Titanothères, les bois des Cervidés sont d'autres exemples d'aristogènes qui se modifient par allométrie. Il serait sans intérêt de discuter s'il y a vraiment lieu d'établir cette coupure dans la genèse de la variation.

Osborn reconnaît que l'aristogénèse, expression des faits observés en paléontologie, n'est pas une explication causale ; évidemment. C'est aussi un néologisme inutile, car il est facile d'y reconnaître la mutation de Waagen, la Mutationsrichtung de Neumayr, l'orthogénèse d'Eimer, c'est-à-dire une évolution affectant la généralité des individus d'une espèce et paraissant dirigée vers une fin. Mais ce qui nous intéresserait, ce serait d'entrevoir une explication génétique.

L'entéléchie de Hans Driesch.

C'est un fait surprenant qu'un œuf fécondé, placé dans un milieu convenable et banal, évolue de façon à donner un organisme pluricellulaire extrêmement compliqué, alors que la structure apparente de l'œuf nous apparaît au microscope comme très simple et très constante, de l'Eponge à l'Homme ; cependant l'œuf d'Eponge donne une Eponge, l'œuf d'Homme un Homme. Une idée toute naturelle est de regarder le germe comme renfermant une machinerie spécifique, qui, une fois mise en train, produit le déroulement automatique du développement ; logiquement on peut penser que le moindre traumatisme portant sur l'œuf produira un trouble dans l'évolution ou même l'empêchera. Driesch a fait diverses expériences (la première date de 1891) pour voir s'il en est bien ainsi : je me bornerai à rappeler l'essentiel : au stade 2 ou 4 de la segmentation d'un œuf d'Oursin, un blastomère est isolé ; il continue à se développer comme s'il était lui-même un œuf et donne une petite larve complète. Par des artifices appropriés, on peut contraindre des œufs ou des blastulas à se fusionner : on obtient alors une larve unique, plus grande que d'ordinaire. Un œuf d'Oursin peut être comprimé entre deux lames de verre, ce qui modifie la direction des plans de segmen-

tation ; ramené ensuite à l'état normal, il donne un individu complet.

Ces résultats expérimentaux sont tout à fait incompréhensibles dans l'hypothèse d'une machinerie montée, qui ne saurait demeurer en bon état quand les parties sont déplacées ou séparées ; on n'a jamais vu une machine qui puisse se couper en deux petites machines autonomes, ou bien deux ou trois machines qui se fusionnent en une seule du même modèle. Driesch, frappé de ces résultats, les a considérés comme une réfutation expérimentale et décisive du mécanicisme ; il en a conclu qu'il doit y avoir dans l'œuf d'Oursin autre chose qu'un arrangement préalable de particules matérielles, se distribuant au cours de la segmentation et des divers processus de l'ontogénèse ; il imagina alors un facteur non spatial qui travaille pour un but, et qui arrive à celui-ci, non seulement par la voie du développement normal, mais aussi par des routes atypiques. Cet agent vital gouverne la matière, mais lui est lié, puisque les deux moitiés d un germe sectionné renferment également le facteur. Reprenant un terme d'Aristote, Driesch appela *entéléchie* (1) ce « principe » directeur ; la saveur toute scolastique du mot a été pour quelque chose dans la notoriété de la théorie.

Driesch a encore eu recours à l'entéléchie pour expliquer le phénomène de la régénération : si, chez une Claveline, on sépare la moitié supérieure, renfermant le sac branchial, de la moitié inférieure contenant l'intestin et le pédicule, chacune des parties régénère ce qui

(1) Dans la philosophie d'Aristote, le mot ἐντελέχεια désigne la forme ou la raison qui détermine l'actualisation d'une puissance ; c'est pour chaque être la possession de sa perfection ou de sa fin interne. L'âme est l'entéléchie première d'un corps naturel ayant la vie en puissance ; Aristote veut dire que c'est par l'âme que le corps possède la vie, la perfection de ses fonctions, son achèvement. L'entéléchie implique à la fois l'idée d'une fin et celle d'une énergie formatrice.

lui manque par un processus de bourgeonnement partant de la blessure ; la partie branchiale, en particulier, se dédifférencie, constitue une petite sphère épithéliale qui évolue en Ascidie complète.

La conception de Driesch aurait été impressionnante si on pouvait généraliser ces résultats expérimentaux ; mais il n'en est rien : un blastomère isolé de Cténophore ou d'Ascidie ne donne jamais une larve complète ; bien mieux, si on coupe transversalement un œuf d'Oursin (au lieu de le couper verticalement), on obtient une larve incomplète ; si les blastomères isolés d'Oursin restent totipotents jusqu'à un certain stade, c'est que chacun d'eux conserve le même arrangement intérieur (le même gradient) que l'œuf entier, et il n'est pas besoin d'une entéléchie régulatrice ; il y a en jeu une répartition d'un matériel formatif hétérogène, c'est-à-dire d'une organisation.

Du reste, les embryons atteignent rapidement un stade où la régulation n'est plus possible ; l'entéléchie supposée déserterait son poste alors qu'un tiers seulement du plan est accompli.

Nous avons noté plus haut que la régénération des appendices, extrêmement variable suivant les groupes, comportait parfois des erreurs (hétéromorphose, p. 63) ; le Lézard refait sa queue une seule fois (la partie régénérée n'est plus susceptible de s'autotomiser), mais il ne régénère pas ses pattes amputées ; la Sangsue cicatrise ses blessures, mais ne régénère pas, tandis que le Ver de terre remplace ce que l'on a sectionné.

On a reproché justement à l'entéléchie de n'être qu'un faisceau de négations : elle n'est ni matière ni énergie, et cependant elle agit sur la matière en y introduisant un indéterminisme occasionnel. Il n'est pas douteux que cette curieuse tentative de vérifier une conception métaphysique par des expériences a échoué ; cependant il reste que Driesch a frayé le chemin aux holistes et

organicistes en attirant l'attention sur l'unité de l'organisme.

Les types entéléchiques de Dacqué.

Le paléontologiste est frappé, plus encore que le botaniste ou le zoologiste qui étudie la nature actuelle, par l'apparition au cours des âges de nouvelles formules de vie, de *types*, comme l'Oursin, le Bivalve, le Trilobite ; à partir d'une forme archaïque de base, se développent pendant des millénaires des espèces plus ou moins nombreuses, aux adaptations diverses, qui peuplent les places vides convenant à leur organisation ; puis les espèces se raréfient et le type s'éteint, soit totalement, soit en laissant des reliques qui persistent pendant des millions d'années. Il ne tarde pas à être remplacé par un autre, de structure différente, mais qui occupe la même place dans la Nature ; c'est ainsi que les Tétracoralliaires et les Tabulés, bâtisseurs de récifs, ont disparu presque tous au permien ; ils ont été remplacés au trias par les Hexacoralliaires, également bâtisseurs ; la faune accessoire des récifs a présenté les mêmes relais : les Mégalodontes du dévonien et du trias ont eu comme successeurs les *Diceras* et les *Pachyrisma* du jurassique, remplacés de nos jours par les Tridacnes.

On admet généralement qu'un groupe différencié ne donne jamais naissance à un autre groupe ; les nouvelles pousses partent toujours de bases restées indifférenciées. Dacqué (1921) ne croit pas que l'apparition de nouveaux types soit liée, comme on le dit souvent, aux grands changements géologiques ou climatiques ; ceux-ci n'interviendraient que pour produire des places vides, favorisant un épanouissement, ou pour déterminer une régression du nombre des individus ou des espèces, mais ils n'ont rien à voir avec la création des types. Chacun de ces derniers réalise une Idée, un plan de

la Nature, ni meilleur ni plus mauvais qu'un autre : un Amibe n'est ni plus mal ni mieux adapté qu'un Crustacé ou un Mammifère ; c'est une organisation finalisée dont les parties ne sont pas réunies par le hasard mécanique ; elle résulte de l'activité de causes internes, entéléchiques, que nous ne pouvons pénétrer (analogie avec l'élan vital de Bergson) ; il y a aussi composition avec les circonstances extérieures (variation réactionnelle des Paludines de Slavonie, par exemple).

L'existence d'organes hypertéliques, rudimentaires ou imparfaits, n'est pas à invoquer à l'encontre de l'organisation correspondant à un but ; elle nous montre seulement qu'il y a dans la Nature d'autres forces ou lois que celles qui conduisent à des configurations finalisées.

Dacqué pense avec Henderson que l'ordre téléologique de la Nature, qui pourrait bien rester une énigme, est biocentrique.

Les types formels et les types d'organisation de Vialleton.

Dans un livre paru quelques mois avant sa mort, Vialleton (1929) a donné le résultat de ses réflexions sur l'évolution ; elles se rapprochent un peu de celles de Dacqué et des holistes. Il distingue deux configurations différentes : 1° les *types formels*, qui équivalent aux grands genres de la vieille nomenclature linnéenne, ou encore aux familles homogènes ; par exemple les types Blatte, Lingule, Pleurotomaire, Chien, Homme ; leur durée d'existence peut être extrêmement longue, puisque les Lingules et les Pleurotomaires datent du cambrien ; ces types formels présentent des variantes, des sortes d'accidents, de durée relativement éphémère, qui sont les espèces ou les races ; 2° les *types d'organisation*, beaucoup moins nombreux ; ce sont des conceptions abstraites répondant à un ensemble de dis-

positions viscérales, nerveuses, squelettiques, etc., qui sont liées ou en corrélation et ne pourraient changer qu'ensemble ; le Carnivore, le Mammifère, le Tétrapode, le Vertébré sont des types d'organisation hiérarchisés suivant leur degré de généralisation ; on peut se les figurer comme des sortes de gradins superposés dont le dernier supporte les types formels.

Vialleton considère comme possible (mais non certain) qu'à l'intérieur d'un même type formel les genres et les espèces dérivent les uns des autres par voie de descendance, sous l'action de causes naturelles (facteurs darwiniens, lamarckiens et autres), mais il ne peut concevoir un passage graduel et matériel qui transformerait un type formel en un autre type formel, ou bien un type d'organisation en un autre type d'organisation. C'est tout simplement nier l'évolution, telle que la comprend l'immense majorité des naturalistes.

Or, cette division en types formels et d'organisation est absolument arbitraire ; la seule réalité concrète est l'individu ; l'espèce est une réalité pratique, à demi-concrète, qui exige une définition dans laquelle entre une part de convention ; quant aux catégories supérieures, genre, famille, ordre, classe, etc., ce sont des groupements retraçant des ressemblances étagées, qui, du point de vue évolutionniste, marquent des bifurcations des lignes de descendance ; ces bifurcations sont regardées, avec un certain degré d'arbitraire qui varie suivant le sentiment réunisseur ou diviseur des spécialistes, comme plus notables que les petites déviations qui n'ont conduit qu'à des espèces nouvelles (1). Ce ne sont pas des réalités concrètes, mais seulement des conceptions commodes pour nous débrouiller dans le dédale des êtres. Une espèce bien définie garde perpétuelle-

(1) C'est ainsi que l'on a multiplié les noms de genre dans la lignée de l'Homme : *Eoanthropus*, *Pithecanthropus*, *Sinanthropus*, *Javanthropus*, *Palaeanthropus*.

ment son nom et son statut (à moins d'erreur motivant un dédoublement ou une fusion), tandis que les genres, familles, ordres, etc., changent de limites suivant l'avancement de la science ; nous nous les représentons nécessairement comme des schémas, dans lesquels figure seulement avec précision l'organe particulier qui marque la bifurcation notable, l'orientation nouvelle de la catégorie ; les autres organes inchangés sont sous-entendus. Le problème de base de l'évolution est *uniquement* de savoir comment une espèce autonome peut sortir d'une autre espèce autonome préexistante, et pas du tout comment le schéma Mammifère a donné naissance au schéma Carnivore, et celui-ci aux schémas Félin, Canidé, Ursidé, Mustélidé, etc. ; pour me servir d'un terme qu'affectionnent les positivistes, c'est un faux problème. Nous établissons après coup les schémas quand nous connaissons un certain nombre d'espèces alliées, fossiles et actuelles, qui probablement ne sont qu'une très petite minorité, comparativement à celles qui ont existé en fait et que nous ne connaissons pas ; ce sont des coupures conventionnelles, mais indispensables, pratiquées dans la suite des espèces viables lorsqu'apparaît une nouveauté organique quelconque.

Il y a des bifurcations qui ont une importance considérable, parce qu'elles engagent les êtres dans une voie nouvelle, créatrice de formes : le dépôt de calcaire cristallin dans le conjonctif, amenant la rigidité du corps, a fait l'Echinoderme ; la sécrétion d'une cuticule de chitine a construit l'Arthropode ; le développement d'une coquille a permis le Mollusque et le Brachiopode ; l'émigration de l'anus en dehors du calice apical a engagé l'Oursin régulier sur les deux chemins des Clypeastroïdes et des Spatangoïdes, etc. Les bifurcations qui ont fait surgir les premiers Tétrapodes (Stégocéphales Embolomères) de la souche des Poissons Crossoptérygiens, par l'intermédiaire des *Ichthyostegalia* du

dévonien supérieur, ont déterminé la révolution qui est à l'origine du peuplement vertébré de la terre ferme.

Une bifurcation également révolutionnaire est celle qui a été marquée par la naissance de la plume et du poil, revêtements cutanés succédant à l'écaille épidermique du Reptile ; mauvais conducteurs de la chaleur, les plumes et poils des Oiseaux et Mammifères ont permis le développement de la température constante et l'extension de la Vie aux régions les plus froides (voir p. 161).

La conception générale de l'évolution, exprimée par Vialleton d'une façon métaphorique et assez vague, est tout à fait anti-mécaniste ; mais, comme elle est basée sur des idées erronées, ainsi qu'il ressort des critiques qui précèdent, je n'en parlerai que pour mémoire. Il y a plusieurs arbres généalogiques, peut-être unis par des racines souterraines, mais à coup sûr irrémédiablement séparés dès leur sortie du sol ; les rameaux buissonnants se terminent à différentes époques sans engendrer d'autres formes qui les continuent ; les rameaux nouveaux naissent sur la souche cachée et se déploient en un buisson qui mourra comme ceux qui l'ont précédé. Toutes les formes nouvelles viennent de bourgeons d'attente, dissimulés çà et là sur la tige théorique de l'arbre généalogique considéré, et qui paraissent avoir été répartis pour n'éclore que successivement, chacun au moment voulu. L'évolution est la réalisation d'idées créatrices, réalisations obtenues avec le concours d'une infinité de facteurs divers, parmi lesquels les facteurs mécanistes (sélection naturelle, action du milieu, hérédité des caractères acquis, etc.) ne tiennent qu'une place très subordonnée ; tout ce développement, loin d'être le résultat de forces aveugles et du hasard, témoigne d'une Activité intelligente utilisant de la manière la plus rationnelle les choses existantes pour construire le monde à partir d'un petit nombre de plans initiaux.

L'idée organo-formatrice de Paul Vignon.

Dans un livre très original (1930), Vignon a exposé un certain nombre de faits qui semblent disparates au premier abord, mais de l'assemblage desquels doit se dégager la thèse du rôle fondamental de l'Idée dans la genèse des organes et des instincts. Il traite successivement : 1° des initiatives motrices de l'animal, de l'Homme au Protozoaire ; 2° des outils ou instincts singuliers (Paradisiers à berceaux, Fourmis champignonnistes, Coléoptères rouleurs de feuilles, piège des Hydropsyches, étuis larvaires des Phryganes, Fourmis portières, Papillon fécondateur des Yuccas, scie œsophagienne du *Dasypeltis* mangeur d'œufs) ; 3° de l'idée organo-formatrice (coquilles des Foraminifères et des Thécamaebiens, varices de la coquille des Muricidés, dent de la coquille de certains Gastropodes, nématocystes) ; 4° de l'homochromie et faits connexes (Xénophores, Crabes associés avec Eponges, Actinies ou Algues ; Mantes, chenilles-serpents, Papillons-feuilles, Ptérochrozes), etc... La description des Orthoptères homochromes de l'Amérique tropicale est particulièrement développée : les ailes antérieures, de couleur verte ou brune, simulent des feuilles dont les bords, excisés de façon variable, présentent des pseudo-morsures ou des taches semblables à celles que produisent des moisissures plus ou moins âgées ; les *Pycnopalpa* ont sur leurs ailes des dessins qui suggèrent le travail de Bactéries ou de chenilles mineuses (fig. 6, p. 61).

Ces faits concrets servent d'illustration à une philosophie de la Vie, qui est un aristotélisme modernisé l'auteur, évolutionniste convaincu, repousse complètement le cartésianisme et le vieux transformisme mécaniste qui s'exprime dans le darwinisme, et il paraît aussi ne pas invoquer l'auto-adaptation lamarckienne. Pour Vignon, l'évolution est dirigée ; elle subit un con-

trôle téléologique supernaturel, extra-spatial, qui s'accommode de l'inutile et du monstrueux, qui connaît le caprice, qui se complique de luxe et d'art ; il reprend et développe la conception bergsonienne que la Vie est invention perpétuelle, initiative de la part de l'être soit dans l'instinct, soit dans la copie d'objets étrangers, soit dans la formation d'organes. Les êtres vivants n'ont pas évolué pour les raisons faciles (actions de milieu, sélection) que naguère on donnait, mais par suite de changements dans l'Idée formatrice (comparez avec Dacqué) ; ils passent d'un statut d'existence à un autre statut, d'un type à un autre, L'idée créatrice tire sa vertu, motrice ou formatrice, d'un centre obscur, infra-conscient, qui a l'initiative des novations ; les cellules fabriquent alors un organe nouveau, sans ébauche ni tâtonnement, complet dès sa réalisation, comme par exemple la canule à injection de la larve de Sacculine (fig. 56, p. 232), qui serait incompréhensible si elle n'était pas parfaite. Aussi les nouveautés apparaissent-elles comme des mutations brusques ; mais la mutation c'est le mystère de la Vie, spécifiquement créatrice de la Forme.

La base des raisonnements de Vignon diffère de celle de Pauly ; tandis que ce dernier cherche à expliquer la naissance de l'adaptation morphologique globale, Vignon considère de plus près les mécanismes complexes, les outils, les homochromies copiantes ; l'un et l'autre, estimant que le hasard ne peut être invoqué, ont recours à une sorte de Démon vital, caché dans les profondeurs de l'organisation cellulaire, qui invente et travaille comme un artisan, et fait même du zèle, puisqu'il dépasse largement les bornes du nécessaire.

De son livre bouillonnant, un peu déconcertant par son lyrisme et la multiplicité des sujets traités, je retiendrai en particulier deux opinions : 1° un organe complexe n'a pu se développer que d'un coup, et il est parfait dès le début ; bien entendu, il est parfait, ou

mieux suffisant, pour les besoins de l'animal considéré, et non pas d'une façon absolue ; 2° les instincts se développent en même temps que les organes qui les servent.

L'évolution émergente. — Les essais et erreurs de la Vie.

L'idée de l'émergentisme (mot du philosophe G. H. Lewes, 1875) a été suggérée par une comparaison avec une réaction chimique : H et O sont deux gaz qui ont leurs propriétés particulières ; lorsqu'ils se combinent par l'effet d'une étincelle électrique, ils donnent de l'eau, corps nouveau que la connaissance la plus complète des deux gaz ne pouvait aucunement permettre de prévoir ; les propriétés de l'eau sont une émergence. Or le mécanisme radical, qui se présente comme le seul fils légitime de la science, affirme que toute action peut être prédite si l'on a une connaissance complète des conditions antécédentes, en raison de l'enchaînement continu des causalités ; le futur est contenu en puissance dans le passé. Les émergentistes (C. Lloyd Morgan, Ritter, Lovejoy, Wheeler, Parker, J. C. Herricks, H. S. Jennings), frappés par l'imprévisibilité de ce qu'engendre la Vie, n'acceptent pas que le cours du développement de l'Univers soit stéréotypé, c'est-à-dire que son avenir soit obligé ou voulu ; ils veulent y introduire, non pas de l'indéterminisme, mais quelque chose comme une liberté d'action.

Il y a dans le Cosmos divers degrés de complication en série continue, sans brisure : électrons, atomes, molécules, cristaux, êtres vivants ; les constituants de chaque degré, en devenant parties du degré supérieur, acquièrent de nouvelles propriétés imprévisibles et suivent de nouvelles lois, l'entier étant plus et autre que la somme de ses parties ; ainsi les électrons dans les atomes, les atomes dans les molécules, les constituants

physico-chimiques dans les êtres vivants. Alors *émergent* des nouveautés, dont la plus élevée et la dernière est la conscience. C'est en somme une déclaration d'indépendance de la biologie.

J'estime que l'émergentisme, idée obscure, n'apporte rien d'utile ; il ne touche pas au problème de la finalité de réalisation, qui est essentiel ; au reste, toutes les conceptions évolutionnistes sont émergentes ; c'est leur raison d'être.

Jennings repousse le finalisme, parce qu'il ne voit en biologie ni dessein, ni direction, ni inventeur. La Vie est une expérimentatrice entêtée, qui essaie toutes les combinaisons possibles ; beaucoup ne sont pas viables et disparaissent, la mort étant la pénalité pour celles qui prennent des voies mauvaises ; quelques-unes sont par hasard dans une bonne direction et persistent pendant un temps, servant de base à d'autres expansions. Ainsi la Vie, par la méthode des essais et erreurs, progresse vers la diversification et la meilleure adaptation sans suivre une marche tracée par avance ; elle est en gestation de continuelles nouveautés. Jennings incline tantôt vers le mécanicisme de Lucrèce et de David Hume, tantôt transforme la Vie en Démiurge ; il y a dans ses idées un vague souvenir de l'élan vital de Bergson.

L'holisme de Smuts.

J. C. Smuts, général boer, puis ministre de l'Etat sud-africain, créa en 1926 le terme d'*holisme* (le ὅλος, entier) [synonyme allemand : Ganzheitbezogenheitlehre], pour indiquer la tendance de l'Univers à construire des unités de complication croissante : matière inerte, matière vivante, matière vivante et pensante. L'évolution n'est rien d'autre que le développement graduel et la stratification de series progressives d'unités, depuis le commencement inorganique jusqu'aux plus hauts sommets spirituels ;

le génie qui préside à l'évolution est l'holisme, facteur ou principe téléologique de création et de direction, assurant le déroulement et le progrès des unités dans l'Univers.

Un organisme vivant n'est pas une organisation plus la vie, comme si celle-ci était quelque chose de différent et d'additionnel ; l'organisme holistique est une unité autonome (*Ganzheit*) constituée par des parties, mais qui est plus que la somme de celles-ci ; les propriétés de l'ensemble résultent de l'action coordonnée des parties constituantes ; elles se traduisent par une auto-régulation, dont la fin est le maintien de l'être vivant, comme cela se voit avec évidence dans la régénération, la croissance et la reproduction.

La pensée de Smuts, planant constamment dans un épais brouillard, est fondamentalement anti-mécaniste et téléologique ; elle est beaucoup moins originale qu'il ne le croit, bien qu'il qualifie l'holisme de conception inattendue et mystique. Il critique vivement le mécanicisme (naturalisme, matérialisme) qui regarde la Vie et l'Esprit comme épiphénomènes de la Matière, aussi bien que le spiritualisme, qui croit à l'action de la Vie et de l'Esprit sur les relations mécaniques de la nature physique ; il tient beaucoup à ce que l'holisme ne soit pas confondu avec le vitalisme, créateur de l'entéléchie ou de quelque autre entité inutile, surimposée sur le matériel physico-chimique ; cette symbiose ne fait que répéter le naïf dualisme de l'âme et du corps. Pour Smuts, l'holisme est une *vera causa* et explique tout (!).

Adolf Meyer, enthousiaste représentant allemand de l'holisme, le présente comme la synthèse hégélienne du mécanisme moniste et du vitalisme pluraliste ; il emprunte à l'un le conditionnement physico-chimique et à l'autre le caractère unitaire du vivant ; l'âme n'est rien d'autre que l'impression psychique de la Totalité de chaque organisme (??).

Les concepts organismiques.

Je ne vois pas de différence notable entre l'holisme de Smuts et d'A. Meyer et la *conception organismique* présentée par von Bertalanffy (1928) : pour ce dernier, la Vie est une propriété *sui generis*, qui ne se manifeste que sur des objets naturels ayant une *organisation* définie, que nous appelons *organismes* ; très nombreux et très variés, depuis la Bactérie jusqu'à l'Arbre et l'Homme, ils ont tous une structure, c'est-à-dire des parties ou organes, moyens par lesquels la totalité unitaire se conserve et se reproduit ; ils meurent lorsque la coordination des parties est détruite. Les composés de l'organisme, lorsqu'on les analyse, ne diffèrent en rien de composés « morts » ; c'est leur arrangement en systèmes hétérogènes qui permet la Vie.

Un organisme est essentiellement téléologique, c'est-à-dire qu'il est arrangé pour une fin qui est la continuation de la Vie, d'abord individuelle, ensuite raciale ; la notion d'organe comme l'œil, l'oreille, évoque invinciblement l'idée de fonction, d'un service à rendre. L'organisme étant donné, tout ce qui s'y passe relève du déterminisme physico-chimique ; cependant la comparaison cartésienne de l'organisme avec une machine est une contradiction dans les termes, car le travail mécanique de la machine est l'effet de sa construction, ce qui suppose l'ingénieur qui l'a conçue et construite, et même celui qui la dirige et la règle ; c'est donc un concept téléologique ; aussi Driesch est-il logique en logeant l'ingénieur (c'est-à-dire l'entéléchie) dans la machine ; le mécanicisme, pour expliquer l'auto-régulation, est forcé d'imaginer chaque fois une machine accessoire.

Pour le mécanicisme, un organisme est un « Etat cellulaire », viable par hasard ; pour Driesch, c'est un Etat cellulaire plus une entéléchie ; pour l'holiste, le

vivant est une forme (*Gestalt*, *Ganzheit*) supérieure aux *Gestalten* physico-chimiques qui travaillent avec des atomes et des molécules ; la régulation, la régénération, le développement sont en rapport avec un principe d'organisation *immanent* à la matière (Gestaltprinzip ou Ganzheitfaktor), tout à fait distinct d'une entéléchie ou d'une âme ; ce n est jamais qu'un « principe » de plus. L'organiciste admet des lois naturelles encore inconnues, réglant les formations extraordinairement complexes constituées par les organismes ; comme l'holiste, il tient essentiellement à ne pas être traité de vitaliste ; il définit le vitalisme par son recours à une intervention surnaturelle ; c'est une de ces nombreuses confusions philosophiques dont nous avons parlé plus haut.

La même idée de Totalité (entirety, wholeness) se retrouve dans la *conception organismale* de Ritter synonyme d'organicisme), mais il n'est pas question de finalité ; l'auteur parle seulement, ce qui n'est pas neuf, de la dépendance des parties assurée d'une part par les connexions nerveuses, d'autre part par les messagers internes constitués par les hormones. D'autres organicistes anti-vitalistes reconnaissent que le vivant a une faculté d'adaptation qui lui appartient en propre.

H. S. Jordan (1932) a également développé un point de vue holistique, anti-mécaniste, tout en repoussant l'idée de finalité intentionnelle. L'organisme est un Tout, complet en soi, constitué par des réseaux de causalité, une Unité fondée sur la diversité ; il y a vie quand il y a liaison en réseau de toutes les parties entre elles, chacune s'ajustant causativement au moins à deux autres (c'est ce que Jordan appelle le caractère d'ambocepteur). Ainsi la vision n'a lieu que s'il y a un cristallin élastique, des muscles ciliaires qui relâchent les filaments tenseurs de la capsule cristallinienne, un nerf, un cerveau correspondant à l œil, etc. ; cette chaîne d'ambocepteurs a dû se constituer d'un seul

coup, car il serait absurde d'imaginer qu'un tel organe s'est développé par additions successives (comparez avec p. 145). Une machine est aussi un système d'ambocepteurs, mais qui ne constitue pas un tout fermé comme un organisme, car la machine ne prend pas soin d'elle-même ; elle ne peut exister pour elle et se suffire à elle-même.

La conception totalisante de Jordan le conduit à examiner la question des nouveautés dans l'évolution ; il accepte que de petites transformations ou mutations puissent donner naissance à des groupes d'êtres que les collectionneurs appelleront espèces nouvelles. Mais le problème de l'évolution est tout autre ; il s'agit de faire dériver des groupes dotés d'organes définis (des Gestalten) d'autres groupes auxquels ces organes manquent entièrement ; les organismes étant constitués par des chaînes d'ambocepteurs liées en réseau, on a peine à comprendre comment un chaînon nouveau pourrait s'intercaler dans le réseau et comment il pourrait posséder deux propriétés s'adaptant spécifiquement aux autres anneaux de la chaîne. Cela revient à peu près à nier la possibilité de l'évolution généralisée (comparez avec Vialleton, p. 140).

Alverdes (1932) va un peu plus loin que Ritter ; il admet la validité du finalisme au moins à titre de principe heuristique, sur le même pied que l'explication mécanistique. Kurt Goldstein rejette l'intention (purpose), mais accepte le but (goal) ; or parler de but sans intention est un non-sens ! Ritter, Alverdes, Bertalanffy, Ungerer et Goldstein forment un groupe d'holistes qui répudient le vitalisme et une activité téléologique spéciale comme cause efficiente de la Vie ; la plupart d'entre eux admettent la possibilité de trouver des explications purement physico-chimiques des phénomènes vitaux ; mais ils remplacent l'entéléchie par la notion de Totalité conséquence de l'organisation, l'ori-

gine de celle-ci étant prudemment laissée dans une complète obscurité. Au fond, c'est une très vieille idée, car la scolastique médiévale (XIII[e] siècle) connaissait bien « l'unité de forme » de l'être concret.

Toute une bibliothèque a été publiée à l'étranger sur cette base de l'organisme totalitaire, créateur ou régulateur de ses parties. L'holisme a même pris (au moins dans l'esprit de A. Meyer, l'un de ses partisans allemands) une certaine couleur nationaliste : les vitalistes ou holistes seraient depuis Paracelse, des Allemands ou des Nordiques, tandis que la latinité, représentée par l'Italien Giorgio Baglivi (1) et les Welches Descartes et Auguste Comte, ne serait rien moins que le foyer du mécanicisme, devenu la doctrine officielle du bolchevisme !

*
* *

De l'examen comparatif des théories non-mécanistes, dont j'ai essayé, non sans peine, d'extraire la substance, souvent noyée dans un fatigant bavardage, se dégage-t-il une métaphysique commune ? Je le crois.

Elles sont d'accord pour penser que le mécanicisme, c'est-à-dire le hasard, n'explique pas d'une façon satisfaisante certains phénomènes de la Vie, entre autres l'organisation ; puisque la sélection darwinienne, basée sur l'utilité, n'a pas le pouvoir constructif qu'on lui avait attribué, force est donc de reporter au vivant lui-même la faculté d'invention tâtonnante et de direction vers des buts.

Chaque forme vivante, bien que composée de parties que l'on peut artificiellem nt désarticuler, se comporte comme un Tout ; c'est un Etat cellulaire avec un pouvoir central, dominateur des parties.

(1) Baglivi (1668-1707), médecin renommé, s'attacha en clinique à l'examen attentif du malade, en répudiant les affirmations dogmatiques stériles.

Presque toutes ces théories, les unes en l'affirmant, les autres sans s'en apercevoir ou même en s'en défendant, posent le même postulat : la matière vivante, réglée bien entendu par la légalité physico-chimique, est la sujette d'une autre légalité à tendance finaliste, l'anti-hasard ; pour m'exprimer en termes différents, il a paru nécessaire de loger dans la machine cartésienne un inventeur-conducteur ; les lamarckistes, mnémonistes, entéléchistes, holistes, organicistes, essaient d'exprimer un irrationnel, sans doute inexprimable, en imaginant une entité métaphysique: principe vital, autonomie de la vie, idée organo-formatrice, intelligence organique, psychoïde, conscience cellulaire, concept totalitaire, entéléchie, élan vital, etc. Au fond, ces mots obscurs sont des symboles de la cause profonde inconnue dont on a besoin pour interpréter la finalité biologique (voir p. 44).

Il reste à examiner — ce sera l'objet de la IV[e] Partie — s'il y a vraiment des raisons suffisantes pour ouvrir une telle brèche dans le mécanisme universel.

QUATRIÈME PARTIE

LES DIFFICULTÉS DU MÉCANICISME

Dans la IIe Partie de ce livre, nous avons étudié le mécanicisme, aussi bien dans ses considérations critiques que dans ses essais constructifs ; il n'est pas douteux que l'inorganique impose ses conditions et sa causalité au vivant, dans le domaine de l'expérimentation ; rien n'est vitalement possible qui n'est pas physiquement possible. Le darwinisme et son fils le mutationnisme, c'est-à-dire le hasard biologique, rendent compte de beaucoup de phénomènes, et même, par le détour de la préadaptation, de certaines apparences de finalité ; mais ils semblent insuffisants dans nombre de cas ; ils ne fournissent que des schémas de vérité, trop simplifiés ; c'est pour cela que les théories que j'ai résumées dans la IIIe Partie s'efforcent de remplacer ou de suppléer l'explication mécanique par un facteur nouveau, qui ne peut être que d'un tout autre ordre. Or, la philosophie mécanistique est un bloc ; s'il présente la moindre fissure, le finalisme peut s'y glisser ; il s'agira, bien entendu, non pas du finalisme généralisé, anthropomorphique et puéril, du providentialisme bienveillant auquel s'opposent la dystéléologie et l'existence du mal, mais d'un finalisme restreint, assez vague, rendu prudent par ses anciens échecs. La thèse à examiner sera donc la suivante ; y a-t-il des faits dont l'explication mécanique ou atéléologique

s'avère comme foncièrement inadéquate ? Dans cette IVe Partie, j'ai groupé quelques-uns de ces faits, choisis çà et là dans les deux règnes ; le lecteur jugera lui-même s'ils ne révèlent pas une faculté d'invention, une intentionnalité, étrangères au mécanicisme.

Ici une remarque essentielle s'impose : il ne faut pas confondre ignorance actuelle des causes physico-chimiques avec inconcevabilité. Pendant longtemps les anti-mécanistes ont tiré argument de l'insuffisance des notions classiques de la physico-chimie pour expliquer certains phénomènes vitaux ; il leur paraissait donc nécessaire de faire intervenir des « forces », « puissances » ou « principes » autres que ceux qui jouent dans le monde inanimé. Par exemple, il y a un fait de physiologie végétale auquel s'applique bien la remarque ci-dessus : jusqu'à une époque récente, on n'a pas compris comment pouvait se réaliser l'ascension de l'eau, depuis les racines d'un arbre jusqu'aux feuilles du sommet ; la sève, dans des cas extrêmes, est soulevée jusqu'à une hauteur de 130 mètres (*Eucalyptus* d'Australie) ; mais, quand on additionnait les effets de la pression osmotique, de la cohésion de la colonne d'eau, de la capillarité, de la succion transpiratoire par les feuilles (nulle quand l'humidité de l'air est grande), on n'arrivait pas à rendre physiquement compte du phénomène, et l'on pouvait penser à je ne sais quelle force vitale ; mais il y avait un facteur que l'on sous-estimait, celui de la pression radiculaire ; des recherches récentes paraissent prouver qu'elle est parfaitement suffisante, en collaboration plus ou moins nécessaire avec les autres facteurs physiques, pour faire parvenir l'eau jusqu'aux extrémités des plus grands arbres (P. R. White, *Nature*, 141, 1938, p. 581).

Ce qui se passe dans une mitose est toujours inexpliqué, ainsi que les attractions suivies de répulsions entre chromosomes, lors de la complexe division réductrice

des cellules sexuelles. Comment se peut-il que les cellules des glandes salivaires de *Dolium* et *Cassidaria* sécrètent de l'acide sulfurique sans être détruites, et que les glandes pygidiales des Paussides et les ioduques de certaines Floridées renferment de l'iode libre ? Le biologiste, devant ces singularités et bien d'autres, ne peut que reconnaître son ignorance actuelle ; mais il est persuadé qu'il pourra un jour définir les énergies qui interviennent dans les mitoses, et les dispositifs qui isolent dans un cytoplasme des poisons violents ; ce qui est téléologique, ce n'est pas le moyen, forcément de l'ordre physique, c'est la fin, le but atteint, la combinaison d'arrangements pour l'atteindre, en un mot ce qui suggère l'intention et l'invention.

*
* *

Le mécanicisme universel ne rend pas compte de plusieurs instincts ou sentiments de l'Homme : l'inapaisable désir de savoir et d'expliquer, la conception du Bien moral, la bonté désintéressée, la notion du Beau dans la Nature et dans l'art ne cadrent guère avec le monisme matérialiste. Je conviens que ce n'est pas un argument convaincant, car ces qualités ne sont développées, et à des degrés fort divers, que chez un très petit nombre d'hommes, l'incuriosité, l'ingratitude, la Schadenfreude, le manque de goût étant beaucoup plus répandus. D'autre part, il est bien difficile d'admettre que la psychologie n'est qu'une physiologie cérébrale et la conscience un épiphénomène, mais nous n'entrerons pas dans ces insolubles querelles de mots.

L'attaque de Bergson. — Bergson a tenté une réfutation de la conception mécanistique par une ingénieuse attaque oblique : dans l'hypothèse du mécanisme pur,

l'évolution d'un organe se fait par une série d'accidents s'ajoutant les uns aux autres, chacun améliorant l'état antérieur et donnant ainsi prise à la sélection. Si l'on s'adresse à deux lignées extrêmement éloignées, il est improbable que ces hasards indépendants, ayant des points de départ différents, aient fabriqué par leur addition des organes *identiques,* surtout si la complication de ceux-ci est grande. Or, il y a une ressemblance saisissante entre les yeux du bord du manteau des *Pecten* nageurs et ceux d'un Vertébré, alors que, sans aucun doute, ces organes se sont développés indépendamment les uns des autres ; Bergson en conclut qu'il faut faire appel à un principe interne de direction pour expliquer cette convergence d'effets. Je sais bien que les yeux de *Pecten* ne sont pas identiques à des yeux de Vertébrés et que leur valeur physiologique doit être différente ; mais le subtil argument bergsonien qui peut être repris pour toutes les convergences n'en est pas moins valable. Il est difficile d'admettre que le hasard ait édifié des yeux, non pas une ou deux fois, mais des centaines de fois, depuis les taches pigmentaires de certains Protistes jusqu'aux appareils complexes des Mollusques, des Arthropodes et des Vertébrés, suivant des formules différentes quoique parallèles, et toujours à la place convenable, sur la région la plus antérieure du corps ou la plus illuminée.

On connaît chez les animaux et les végétaux des milliers de convergences qui posent le même problème; voici un exemple très simple : une nageoire dorsale triangulaire est apparue trois fois (fig. 20) chez des animaux bons nageurs, naviguant en surface : les Requins (et bien d'autres Poissons), l'Ichthyosaure (Reptile jurassique) et certains Cétacés (Dauphin, Marsouin et Orque). Cette adaptation s'est réalisée d'une façon indépendante chez les trois types, *alors qu'ils étaient déjà aquatiques* ; la structure de la nageoire n'est pas

toujours la même ; armée intérieurement de baguettes d'os ou de cartilage chez le Poisson, elle ne comprend que du conjonctif banal et de la peau chez l'Ichthyosaure et le Cétacé ; c'est plus qu'un simple triangle : le

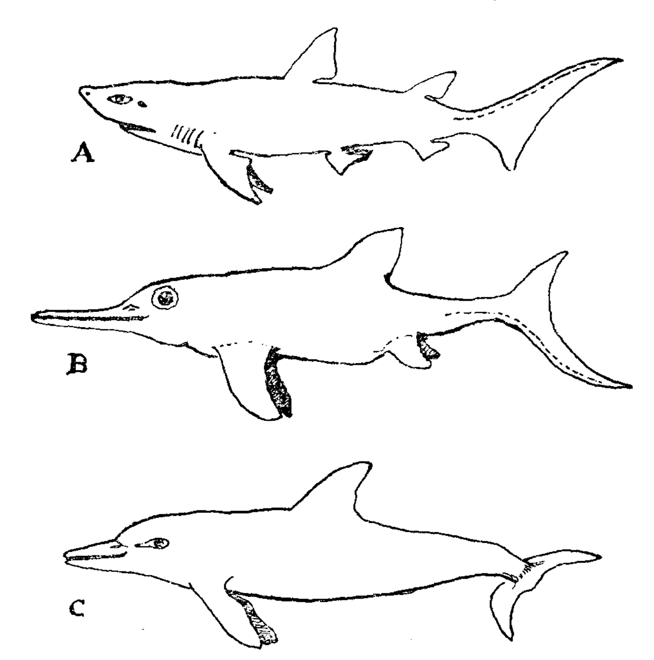


Fig. 20. — Convergence de trois Vertébrés marins au point de vue de la forme " torpedo „ et de la nageoire dorsale : A, Requin (Sélacien) ; B, Ichthyosaure (Reptile éteint) ; C, Dauphin (Cétacé).

bord antérieur, celui qui fend l'eau, a une convexité renforcée, tandis que le bord postérieur, légèrement concave, est aminci ; le tissu est résistant sans être trop rigide. La nageoire occupe une position qui n'est pas quelconque ; elle est généralement insérée vers le sommet de la convexité dorsale du corps.

Ce n'est plus cette fois un organe de complexité extrême comme l'œil qui, par sa présence, conditionne les mœurs de l'animal, la recherche et le choix de sa nourriture, et tout son comportement ; il est probable que la nageoire est un organe de luxe qui pourrait être supprimé sans changer grandement la physiologie de l'animal ; remarquons en effet qu'elle n'a pas poussé sur le dos des Plésiosaures, des Mosasaures, des Phoques, des Siréniens et de quelques Cétacés littoraux ou à grosse tête, qui ne sont certes pas de médiocres nageurs. C'est sans doute un organe d'équilibration, comme la dérive d'un bateau (1).

Comment la nageoire dorsale a-t-elle pu apparaître chez un animal qui vivait déjà dans l'eau et par conséquent n'avait pas absolument besoin de cet organe nouveau ? On pourrait supposer, à la manière de Lamarck, que le frottement du liquide lors de la nage rapide a provoqué la naissance d'une protubérance dorsale ; ou bien, à la manière de Darwin, qu'un bourrelet de peau, apparu par hasard sur le dos, a procuré un tel avantage à son possesseur que celui-ci a survécu de préférence aux autres individus ; sous la poussée de la sélection, le bourrelet a grandi et pris une forme utile. Hypothèses invraisemblables !

La forme et la présence du triangle dorsal dans le groupe des Cétacés sont vraiment capricieuses : il est très développé chez la plupart des *Delphininae*, excellents nageurs, et à son maximum chez l'Orque pélagique, le plus rapide de tous, mais il manque chez *Lissodelphis*, ainsi que chez *Neophocaena* et *Delphinapterus* qui se meuvent moins vite ; il y a une crête basse et longue chez des Dauphins d'eau douce (*Inia* et Plata-

(1) L'automobile ultra-rapide qui battit en 1937 et 1938 le record de vitesse horaire avait une forme allongée de poisson et une grande dérive verticale (= stabilisateur) placée à l'arrière. Une voiture concurrente, plus légère, avait la même forme, mais pas de dérive.

niste), un bourrelet chez le Narval ; la nageoire reste petite et se place au delà du milieu chez *Ziphius*, *Hyperoodon*, *Mesoplodon*. Lorsque la tête devient énorme, la dorsale, rejetée à l'arrière est insignifiante par rapport au volume de l'animal (Cachalot, Baleinoptère) ou même n'existe pas (*Rhachianectes*, Baleine).

Les dorsales dégradées ou rudimentaires, dont l'utilité est sans doute nulle, sont-elles des essais ou des régressions ? On ne saurait le dire. Quant au grand triangle bien placé, il paraît lié à la rapidité, comme si l'Ichthyosaure et le Dauphin, chasseurs de proies agiles (Poissons et Céphalopodes), avaient voulu se rapprocher le plus possible du type Requin, idéal nécessaire ; on a l'impression que ce stabilisateur fait partie d'un ensemble, et qu'il a dû aller de pair dans son développement avec le galbe général du corps et les dimensions des pectorales et de la caudale, le tout réalisant une excellente structure hydrodynamique, c'est-à-dire un plan. Chaque famille ou genre de Cétacé a pour ainsi dire sa mécanique particulière.

Les coaptations anatomo-physiologiques.

Pelage et plumage.

J'entends par coaptation anatomo-physiologique l'existence chez un être d'un dispositif organique à rôle passif ou actif, dont la présence rend possible un fonctionnement physiologique ou permet un certain comportement. Un exemple sera plus clair qu'une définition compliquée : Oiseau et Mammifère dérivent assurément de Reptiles couverts d'écailles épidermiques, car on retrouve encore ces écailles reptiliennes sur les pattes des Oiseaux, et çà et là chez les Mammifères à queue dépourvue de longs poils ; très probablement, la

plume primitive résulte d'une transformation de l'écaille dont la partie distale s'est divisée en franges ; quant au poil, c'est plutôt une néoformation indépendante ; ces phanères, d'origine épidermique comme les écailles, mais de structure beaucoup plus compliquée, sont actuellement des caractéristiques absolues des deux groupes supérieurs de Vertébrés. Or, Mammifères et Oiseaux, seuls dans le règne animal, sont des homéothermes gardant constante une température interne, de 29° (Monotrèmes) à 38° chez les premiers, de 40 à 44° chez les seconds ; cela est possible parce qu'ils ont un revêtement mauvais conducteur de la chaleur, grâce à l'air enfermé dans le plumage et le pelage. Quand l'animal est à peu près nu, comme le Porc, la plupart des Mammifères aquatiques, l'Homme, des mécanismes internes de régulation ou une autre défense passive doivent suppléer celle qui fait défaut ; l'Homme non endurci se couvre de fourrure, de vêtements superposés entre lesquels s'intercalent des lames d'air ; avec une pelisse fourrée, un Homme perd cinq fois moins de chaleur que lorqu'il est nu ; les animaux polaires ou de pays à hivers rigoureux, comme l'Ours blanc, l'Oie, l'Eider ont un revêtement si efficace qu'ils peuvent supporter de très grands froids, tandis que la température d'un Mouton, après la tonte, s'abaisse sensiblement. Il est à peine utile de rappeler la régulation saisonnière des animaux à fourrure et leurs mues, ainsi que la présence d'une épaisse couche de graisse chez le Porc et les Cétacés.

Il y a donc partie liée, ou coaptation, entre le pelage-plumage et la fonction de régulation thermique ; dans nos climats, un Mammifère nu n'est pas viable ; c'est pour cela que l'Homme n'a pu apparaître que dans un climat tropical ; les races de Chiens nus ne se maintiennent que dans des pays très chauds (Mexique, Bolivie, etc.) ; le curieux Rongeur glabre d'Afrique, l'*Hete-*

rocephalus glaber, est un fouisseur à mœurs de Taupe. Puisque l'homéotherme ne peut se passer du revêtement protecteur, nous sommes forcés d'admettre que celui-ci est apparu *avant* le mécanisme de la régulation thermique (1) (il y a un pelage dense chez l'Ornithorhynque qui n'est encore qu'un médiocre homéotherme). Mais alors il est bien difficile de ne pas attribuer à l'apparition du poil et de la plume *la signification d'une préparation à l'acquisition de la température constante.* La coaptation anatomo-physiologique exclut le hasard et suggère le plan.

On pourrait objecter qu'il y a des poils ailleurs que chez les Mammifères, par exemple chez les Insectes, les Araignées, les Crustacés, voire certains Annélides ; mais il y a rarement un pelage ; ce sont des poils sensitifs, ou des coussinets plantaires disposés pour la marche, ou des brosses revêtant des surfaces de roulement, ou des organes d'accrochage, ou encore des poils venimeux. Il y a cependant des chenilles revêtues d'une véritable fourrure (chenilles de *Macrothylacea rubi*) ; elle est peut-être atélique ; elle est peut-être défensive. La Nature a inventé plusieurs fois le poil pour des fins très variées.

Le pelage et le plumage, une fois créés, ont subi, bien entendu, toutes sortes d avatars ; les hormones sexuelles ont exercé souvent leur action, modifiant les couleurs et poussant les formes jusqu'à l'hypertélie (Paon) ; en sens inverse, le poil a pu disparaître, remplacé par autre chose, en laissant des îlots spécialisés

(1) On ne sait pas si les ancêtres probables des Mammifères, Cynodontes ou Ichtyosauriens du trias sud-africain, avaient des écailles ou des poils. Il semble bien que le Ptérosaurien *Rhamphorhynchus* du jurassique supérieur d'Allemagne avait un revêtement pileux avec glandes sébacées ; du reste il est très possible que les Ptérosauriens, qui présentent de nombreuses convergences avec les Oiseaux et les Chauves-Souris, avaient aussi une température propre.

ou atéliques, comme les sourcils, les cheveux, la barbe, les poils de l'aisselle et de la région génitale.

Les callosités.

Une coaptation plus intéressante encore que la précédente est celle des callosités ; nous nous occuperons seulement de la callosi é carpienne du Phacochère : ce Sanglier africain, aux formidables défenses, a coutume de fouiller constamment la terre avec l'extrémité charnue du museau et ses canines, pour déterrer des racines (c'est un grand ravageur des cultures de manioc) ; pour ce faire, il s'agenouille (1) sur la région carpienne des membres antérieurs, se poussant en avant au moyen des pattes de derrière, appliquées sur le sol par toute la surface tarsopéd s ; ême n captivité et dans une cage étroite, il s'agenouille pour manger. Quand on examine un Phacochère adulte, on voit de fortes callosités cor-

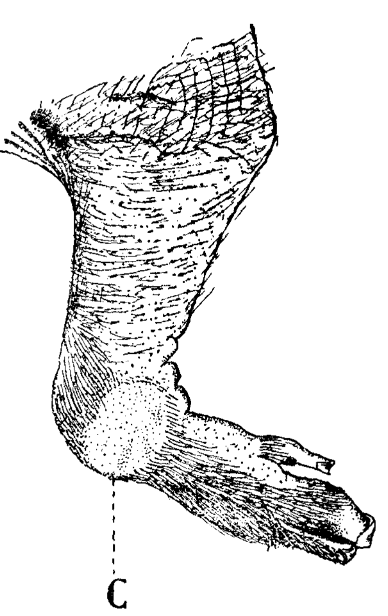


Fig 21 — Patte antérieure gauche d'un fœtus un. peu avant terme, *Phacochoerus africanus* : C, callosité carpienne (Cuénot, *La genèse des esp. anim.*, 1932)

(1) Terme évidemment impropre, dont on se sert faute de mieux.

nées sur les régions carpiennes et sous-calcanéennes, protégeant ces parties qui frottent rudement sur le sol. Or, les callosités carpiennes du Phacochère sont parfaitement visibles chez des embryons encore très jeunes (Leche, Cuénot, Anthony) (fig. 21) ; ce sont des surfaces lisses, absolument glabres, dont l'épiderme épais et très plissé a une épaisseur triple de celle de l'épiderme banal avoisinant ; la couche cornée est bien formée et se desquame (fig. 22). En somme les callosités sont *préparées*

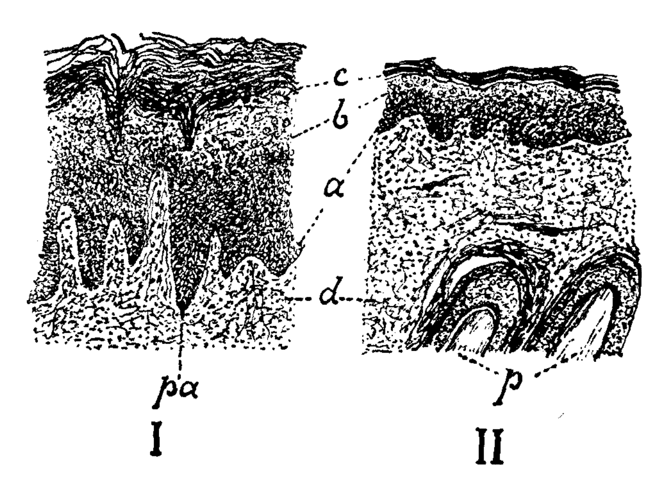


Fig. 22. — Coupe longitudinale de la callosité carpienne d'un fœtus de Phacochère ; les deux parties, représentées au même grossissement, montrent la grande différence d'épaisseur de l'épiderme ; la section I passe par la callosité ; la section II par la région normale qui l'entoure : *a*, couche germinative ; *b*, couche granuleuse ; *c*, couche cornée ; *d*, derme ; *p*, poils coupés obliquement ; *pa*, papilles épidermiques très développées dans la région calleuse.

chez l'embryon, alors que celui-ci, suspendu dans son amnios, n'a été en contact avec aucune surface dure.

Cette même préparation est connue chez les embryons d'Autruche et de Nandou pour la callosité sternale,

chez les jeunes Dromadaires et Chameaux pour leurs diverses surfaces d'appui (elles sont recouvertes de poils avant de devenir des callosités), chez les embryons de Singes de l'Ancien Monde pour les callosités fessières, chez le fœtus humain pour la plante du pied (épiderme déjà épaissi au 4e mois de la vie intra-utérine), chez les fœtus de digitigrades pour les pelotes digitales des pattes, et d'une façon générale pour toutes les surfaces ou saillies qui seront plus tard en contact avec le sol. C'est maintenant un fait bien établi.

La callosité, ou plus exactement sa préparation fait partie de la totalité Phacochère, c'est-à-dire qu'elle est inscrite dans le patrimoine héréditaire ; elle existe en puissance dans l'œuf. C'est sans doute une acquisition récente, car on ne la trouve ni chez le Sanglier ni chez le Potamochère ; elle est liée incontestablement à l'instinct qui porte le Phacochère à fouiller le sol en prenant une attitude particulière.

Deux hypothèses explicatives sont possibles : 1° la callosité organisée s'est formée, par une mutation de hasard, *avant* que l'animal ait pris l'habitude de s'agenouiller pour manger, et c'est parce qu'il avait déjà une callosité que l'instinct a pu aboutir à la manœuvre actuelle ; 2° l'instinct s'est développé *d'abord* ; par réaction au frottement une callosité somatique s'est formée chez chaque individu, analogue aux cals professionnels déterminés chez l'Homme par le maniement des rames, de la bêche, etc. Après un nombre X de générations, la callosité acquise s'est inscrite, nous ne savons comment, dans le patrimoine héréditaire, si bien qu'elle est maintenant préparée chez le fœtus, avant toute excitation épidermique.

La première hypothèse, que l'on pourrait appeler préadaptationniste, n'est pas vraisemblable ; il faudrait admettre que le hasard aveugle ait produit l'organe très exactement à la place où le carpe sera (plus tard) en

contact avec le sol ; c'est un peu trop cause-finalier. La seconde hypothèse, toute lamarckienne, repose sur la possibilité de la transmission héréditaire de caractères acquis par le soma ; or, celle-ci est inconcevable et indémontrée dans l'état actuel de nos connaissances (voir p. 123). Nous voici donc au pied du mur et toute issue paraît fermée ; voire ! Remarquons que la grande difficulté pour comprendre l'hérédité de la callosité, c'est la dissociation entre deux ordres de faits, l'un psychique, l'autre anatomique : l'instinct de s'agenouiller sur les carpes pour fouir, et la présence d'une callosité organisée. Mais pourquoi les dissocier ? On peut supposer qu'une variation unique du germen a eu un double effet : 1° en créant un instinct particulier, coordonné du reste au museau robuste, à la puissante armature dentaire du Phacochère et à la structure des pattes antérieures ; 2° en inventant *en même temps, et d'un coup,* l'organe nécessaire à la satisfaction de l'instinct, c'est-à-dire la région préparée pour devenir une callosité quand il y aura frottement. On pourrait établir un parallèle entre le cas des Phacochères et celui des raboteurs de planchers qui ont inventé un coussin rembourré sur lequel ils s'agenouillent pour effectuer leur travail.

Je tiens l'exemple des callosités pour l'un des arguments les plus importants au point de vue d'une interprétation finaliste de la Vie ; après y avoir longtemps réfléchi et avoir retourné la question de toutes les façons, je ne vois aucune possibilité d'en donner une explication mécanistique : l'hypothèse lamarckiste, naturelle et séduisante, est au fond toute téléologique (voir p. 123); celle du mutationnisme l'est encore plus, puisqu'on voit poindre l'abhorrée cause finale ; quant à une thèse darwiniste, il est inutile d'en parler, car elle ne saurait être qu'une combinaison des deux précédentes.

Les Hyménoptères paralyseurs.

Le curieux comportement des Hyménoptères paralyseurs a été l'objet de polémiques souvent très vives entre mécanistes et vitalistes : on sait que les Sphégiens chassent des Insectes très variés, qu'ils savent découvrir en dépit de leur apparente rareté : Abeilles, Halictes, Charançons, Buprestes, Mantes, Ephippigères, Grillons, Blattes, Mouches, chenilles et larves, Araignées ; chaque espèce d'Hyménoptère capture une proie déterminée et dédaigne les formes voisines, même plus abondantes et plus faciles à maîtriser. Ces prédateurs paralysent leurs victimes en leur injectant un venin qui détermine une immobilisation instantanée, sorte de léthargie qui n'entraîne pas la mort immédiate et qui est plus ou moins durable ; elles sont transportées ensuite dans un terrier préparé, ou laissées sur place, et servent de nourriture à la larve de l'Hyménoptère. Tout le monde connaît les admirables observations de J. H. Fabre sur ce sujet.

Les piqûres paralysantes sont pratiquées en des points déterminés, toujours les mêmes, sur la ligne médio-ventrale, dans les membranes articulaires ; leur nombre, également déterminé, varie suivant les proies : 5 ou 6 piqûres pour une forte chenille comme le Ver gris chassé par l'Ammophile, une seule pour de petites chenilles, 2 pour un *Halictus*, 3 pour une Mante. Fabre croyait que l'Hyménoptère piquait les ganglions et que le nombre des coups d'aiguillon correspondait au dispositif anatomique du système nerveux, plus ou moins concentré suivant les espèces ; cela impliquait une connaissance — évidemment instinctive — de l'anatomie des proies ; il y avait lieu de penser que si chaque Hyménoptère chassait une espèce strictement déterminée, c'était parce que leur connaissance innée était limitée à celle-ci. Pour Fabre, qui ne goûtait pas le

transformisme, la précision de ce merveilleux instinct était absolument indispensable à la réussite des captures : «... l'art d'apprêter les provisions des larves, dit-il, ne comporte que des maîtres et ne souffre pas d'apprentis ». Il faut avouer que tout ce finalisme était bien extraordinaire.

On sait maintenant que l'Hyménoptère ne pique pas les ganglions, mais que son aiguillon pénètre là où il peut, c'est-à-dire dans les minces membranes intersegmentaires ; le venin diffuse dans les tissus, et ce n'est que secondairement qu'il atteint les ganglions (P. Marchal l'a bien démontré pour *Cerceris ornata* qui chasse la petite Abeille sauvage *Halictus*). Le nombre des piqûres n'est donc pas en rapport avec celui des ganglions ; toutefois il paraît bien que les inoculations sont ordonnées de telle façon qu'elles immobilisent successivement les appendices susceptibles de nuire à l'assaillant, tels que chélicères, pattes ravisseuses, etc... Fabre pensait que la manœuvre paralysante avait pour but de fournir aux larves, durant toute leur évolution, des proies immobiles, mais encore vivantes ; cela se peut ; en tous cas la léthargie rend possible le transport jusqu'à l'abri où se fait la mise en réserve.

Rabaud, reprenant son leit motiv habituel, ne voit dans les manœuvres compliquées des paralyseurs qu'une série de réflexes, traduction d'états physiologiques réagissant aux conditions changeantes du milieu (??) ; aussi se modifient-elles sensiblement suivant les espèces. Elles ne répondraient à aucune fin, et beaucoup (la confection d'un nid de maçonnerie, par exemple) ne seraient que d'inutiles superfétations. Qu'il y ait des gestes inutiles, c'est en effet probable, car il doit y avoir de l'atélie psychologique, comme il y en a dans la morphologie et le développement ; mais la succession des actes n'est pas incohérente ni absolument fatale ; elle est parfois modifiée par l'animal, comme s'il comprenait ce qu'il

fait ; elle aboutit en somme à un but, qui est la reproduction de l'espèce ; il y a chez le prédateur un mécanisme monté, inconscient ou sub-conscient comme tous les mécanismes montés, dont chaque phase rend possible la phase suivante. Il a fallu, nécessairement, que le développement de l'instinct de piquer tel ou lel Insecte (c'est-à-dire l'attraction exercée sur l'Hyménoptère par la vue ou l'odeur de la proie) ait suivi l'acquisition de l'outil adéquat, aiguillon et glande à venin. Comment imaginer qu'une suite de hasards ait pu édifier l'outil, assurer l'élaboration du poison, et combiner l'enchaînement des manœuvres de chasse et d'approvisionnement ?

Les Pagures.

C. Pérez a publié une excellente étude sur les Pagures, dans laquelle il montre la convenance parfaite de leur morphologie avec la demeure habituelle, la coquille de Gastéropode dextre ; il en conclut que le Bernard-l'Ermite littoral réalise un idéal d'adaptation, pour lequel paraît s'imposer une explication d'inspiration lamarckienne.

L'ancêtre a été bien probablement un Décapode à symétrie bilatérale parfaite (sauf l'inégalité des pinces), voisin des Thalassinides (Callianasse et autres) ; le Pagure évolué est asymétrique ; l'abdomen, contourné vers la droite, a une section arrondie, les épimères ayant disparu, ne laissant comme trace qu'une frange de poils ; il n'est pas calcifié, mais, revêtu d'une cuticule mince et souple, il peut se mouler exactement dans le creux d'une coquille. Les appendices abdominaux ont *disparu à droite*, côté qui presse contre la columelle, et persistent à gauche ; ils servent chez la femelle de supports à la ponte, et dans les deux sexes à entretenir par leurs battements rythmiques un courant d'eau à l'intérieur de la coquille. Les muscles puissants de l'abdomen,

lorsqu'ils se contractent, appliquent fortement le corps contre l'axe columellaire, et ce n'est qu'après leur relâchement qu'on peut extraire le Pagure de son logement. Les uropodes sont courts, incurvés en virgule, et constituent avec le telson un puissant grappin fortement calcifié (fig. 23), avec lequel l'animal se cramponne au fond de la spire. Les deux dernières paires des péréio-

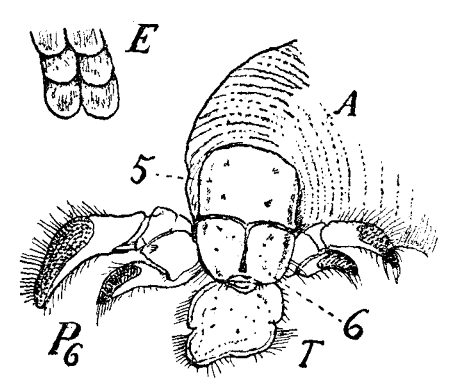


Fig. 23. — Extrémité de l'abdomen. *Pagurus arrosor* : A, abdomen entièrement mou : 5 et 6, tergites des 5e et 6e segments abdominaux ; P_6, pléopodes de la 6e paire, biramés, avec aires écailleuses : T, telson asymétrique. — E, écailles vues à un faible grossissement (Cuénot, *La genèse des esp. anim.*, 1932).

podes, ainsi que les quatre pièces des uropodes, portent des plages convexes, revêtues d'écailles rugueuses, qui assurent la solidité de l'emprise en empêchant le glissement sur la surface polie de l'intérieur de la coquille.

La région antérieure du Pagure est notablement modifiée ; la partie thoracique, assez fortement calcifiée, est étroite ; dans la rétraction brusque, toutes les pattes des trois premières paires, les seules qui sortent de la coquille lorsque l'animal est en marche, se rabattent en avant le long du corps en un faisceau serré, et le tout

rentre facilement dans l'abri. Souvent l'orifice est clos exactement par un certain agencement des pinces aplaties et de l'extrémité des pattes formant opercule.

L'anatomie interne n'est pas moins remarquable : le thorax s'est pour ainsi dire vidé de ses viscères encombrants ; le foie, les glandes sexuelles, la majeure partie de l'appareil rénal, ont passé dans l'abdomen ; il n'est resté dans la région antérieure que le cœur, les branchies, l'appareil phagocytaire. Cette émigration des viscères est antépagurienne et s'est produite chez les Thalassinides.

A tous ces détails de morphologie externe et interne qui s'accordent si bien avec l'habitat, ajoutons un trait psychologique : le Pagure a le besoin impérieux d'un abri, dès la fin de la métamorphose larvaire : il se logera dans une coquille dextre quelconque, aussi bien que dans une sénestre (cette dernière beaucoup plus rare sur le fond), dans un tube de Dentale presque rectiligne, dans un fragment de patte de gros Crabe, voire dans des tubes de verre s'il n'a que cela à sa disposition. Si, en aquarium, on élève sans leur fournir d'abris des Pagures retirés de leur coquille, ils sont comme désorientés, et ils meurent au bout de quelque temps sans avoir pu muer.

On sait qu'actuellement la larve Glaucothoë présente la structure pagurienne dès la 4e mue ; émigration des viscères dans l'abdomen, 4e et 5e péréiopodes courts et géniculés, uropodes en grappin, râpes, dyssymétrie indiquée ; à la mue suivante, après une métamorphose, c'est un petit Pagure qui tombe sur le fond et cherche aussitôt un logement quelconque.

On est d'accord — ou à peu près — pour regarder comme primitives des formes analogues aux *Pylocheles* et *Mixtopagurus* des grands fonds : le faciès général est encore thalassinien, la symétrie bilatérale est plus ou moins parfaite ; l'abdomen a une légère carapace seg-

mentée, avec pléopodes droits et gauches, mais les uropodes sont en grappin, les péréiopodes 4 et 5 sont courts et portent les râpes caractéristiques, ainsi que les uropodes. Ces Paguriens vivent dans des trous de pierres, des cavités d'Eponges siliceuses, des bois creux, parfois dans des coquilles; il est probable que de temps à autre ils quittent leur abri pour chercher de la nourriture.

Une révolution capitale dans le monde pagurien a été l'adoption régulière d'un abri permanent et déplaçable constitué par la coquille du Gastéropode dextre, phénomène qui vraisemblablement s'est produit sur le littoral, où abondent les coquilles vides de toutes dimensions. Pérez admet que c'est un Pagure symétrique qui a réalisé cette nouveauté ; le Crustacé pouvait le faire puisqu'il possédait déjà les appareils de contention nécessaires pour lui assurer une bonne prise et un abdomen suffisamment long et souple pour épouser une courbure. Il a été naturellement forcé de se contourner tant bien que mal ; l'attitude s'est fixée dans le patrimoine héréditaire, si bien qu'elle apparaît déjà chez la larve Glaucothoë *avant* la rencontre d'une coquille. Les appendices abdominaux se sont atrophiés du côté qui appuie contre l'axe columellaire de la coquille; le corps a copié l'asymétrie et la torsion du Mollusque dont il occupe la place; l'abdomen s'est pour ainsi dire œdématié et a perdu son inutile cuirasse.

Cette manière de comprendre la genèse du Pagure est du pur lamarckisme mécaniste. Pour les raisons générales données plus haut (voir p. 123) et pour des raisons particulières au sujet, cette explication ne me paraît pas recevable ; je préfère l'hypothèse suivante : le Pagure dyssymétrique est une sorte de monstre, comme le Pleuronecte, le Gastéropode tordu, la larve de Phrygane *Helicopsyche*, la chenille de Psychide *Cochliotheca crenulella* ; il est apparu tel quel parmi les larves d'un Pagu-

rien symétrique, par accident, comme tous les monstres; on peut concevoir que dans une localité donnée, un certain nombre de larves ont pu présenter cette anomalie. Comme ce mutant possédait déjà les adaptations nécessaires, grappin caudal, râpes, instinct de l'abri, il a survécu parce qu'il a rencontré une place vide, la coquille de Gastéropode, si remarquablement adéquate à sa constitution, dans laquelle il a pu se réfugier. Ce que nous montre aujourd'hui l'ontogénèse est exactement la répétition de ce qui s'est passé jadis lors de la naissance du Pagure asymétrique. Je suis très disposé à croire que la disparition des appendices abdominaux du côté droit est un phénomène primaire, un caractère de monstre, et pas du tout l'effet lent de la gêne apportée à leur développement par le frottement contre l'axe columellaire ; si cette atrophie était d'origine mécanique, il serait resté des membres rabougris, au moins à l'état de traces. L'atrophie est préparée chez la larve Glaucothoë ; celle-ci a bien, tout d'abord, des pléopodes droits, quoique réduits ; ils disparaissent complètement avant l'entrée dans la coquille. On connaît du reste un genre *Mixtopagurus*, *habitant des coquilles*, qui a des appendices abdominaux *encore pairs*, l'abdomen étant légèrement incliné vers la droite ; ainsi qu'un *Paguropsis typica* de la mer des Indes dont l'abdomen court, symétrique, simplement recourbé sur lui-même, est protégé par une Actinie du genre *Mammilifera* ; ses pattes abdominales sont placées *soit à droite, soit à gauche*, suivant les individus. Ce n'est donc pas l'habitat qui a déterminé la courbure abdominale et l'atrophie des pléopodes droits, mais au contraire la courbure préalable qui a déterminé l'habitat.

Quant aux plages rugueuses des membres, nous retrouverons des formations analogues chez divers animaux, notamment chez des larves d'Insectes qui se logent dans des abris comme les Pagures. Il n'est pas

vraisemblable que des mutations de hasard aient fait apparaître ces petits appareils, d'utilité apparemment très secondaire, et toujours en position convenable (voir p. 226).

Les plantes carnivores.

Les plantes carnivores, dont on connaît environ 350 espèces, se rencontrent dans trois ordres : les Sarracéniales (*Drosera, Drosophyllum, Dionaea, Aldrovandia — Sarracenia, Darlingtonia — Nepenthes*), les Céphalotacées (*Cephalotus*), les Lentibulariacées (*Utricularia, Pinguicula*).

Ces plantes présentent beaucoup de faits extraordinaires dont l'interprétation paraît particulièrement difficile ; elles ont un caractère commun, la capture et la digestion des Insectes, mais les procédés sont si différents qu'ils ont dû se développer indépendamment les uns des autres. *Pinguicula*, qui vit sur les sols humides et rochers suintants de régions plus ou moins montagneuses d'Europe, peut être considéré comme le cas le plus simple ; les feuilles appliquées contre la terre sont recouvertes à leur face supérieure d'innombrables poils glandulaires en boule, qui sécrètent un produit visqueux ; les petits Insectes qui passent sur le bord d'une feuille provoquent l'enroulement de celui-ci, tandis que le bord opposé reste immobile ; alors il se produit une digestion protéolytique à la suite de laquelle la feuille se déroule et s'étale comme avant.

Drosera rotundifolia est une petite plante de tourbières qui pousse au milieu des Sphaignes (Vosges, Ardennes) ; ses feuilles ont un limbe orbiculaire portant environ 200 tentacules, d'autant plus longs qu'ils sont plus loin du centre, terminés par une glande d'un beau rouge qui sécrète une gouttelette d'un liquide visqueux. Lorsqu'un Insecte, peut-être attiré par la couleur des

glandes et l'aspect des gouttelettes qui suggèrent un nectar, vient à se poser sur une feuille, il est englué, puis enveloppé peu à peu par les tentacules qui, de toutes parts, se recourbent vers lui et le noient dans leur sécrétion ; celle-ci change de nature et devient fortement acide ; elle renferme une protéase analogue à la pepsine. Les parties molles de l'Insecte sont digérées, et après deux jours il ne reste que le squelette indigestible ; les tentacules s'étalent à nouveau. Cette nourriture animale, sans être absolument indispensable à la plante, lui serait cependant avantageuse : les pieds largement pourvus d'Insectes porteraient plus de feuilles et de fleurs, et donneraient des graines plus nombreuses et cinq fois plus lourdes que les pieds qui ne capturent aucune proie ; mais le fait est encore contesté.

La Dionée attrape-mouches, que Darwin appelait la plus merveilleuse plante du monde, vit dans des stations limitées, marécageuses, de l'Amérique du Nord ; les feuilles (fig. 24) ont un pétiole étalé en une grande lame verte et un limbe formé de deux valves attachées l'une à l'autre à angle aigu par la nervure médiane qui forme charnière ; les bords des valves sont garnis de longues dents et portent des glandes probablement nectarifères ; en dedans de cette zone, le limbe est parsemé de points rougeâtres, qui sont des poils glandulaires en boule analogues à ceux des *Pinguicula* et des tentacules de *Drosera*. Sur la face interne de chaque valve se trouvent trois poils raides articulés à leur base. Soit un Insecte qui se promène sur le limbe foliaire ; s'il dépasse trois millimètres de long (distance qui sépare du bord les deux poils externes), il ne peut manquer de heurter l'un des poils avertisseurs ; alors les deux valves du limbe se rapprochent instantanément ; les trois poils se couchent à plat, grâce à leur articulation, et les dents marginales s'engrènent les unes dans les autres comme les doigts de mains croisées. Les très petits Insectes

peuvent s'échapper par les étroites ouvertures que laissent entre elles, au début, les dents marginales entre-croisées ; Darwin avait même interprété le fait comme avantageux, la feuille ne retenant ainsi que des proies qui en valent la peine. Un gros Insecte a-t-il été pris, les

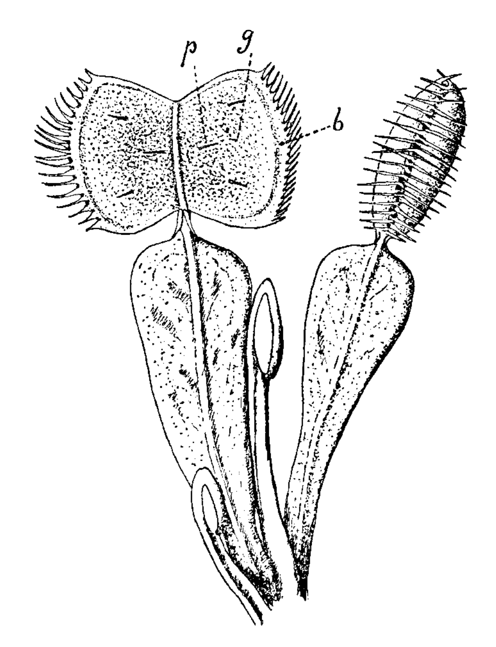


Fig. 24. — *Dionaea muscipula*, piège ouvert et piège venant de se fermer : *b*, bordure (nectarifère ?) ; *g*, région à poils glandulaires; *p*, poil avertisseur (d'après Kny).

deux moitiés du limbe s'appliquent contre lui d'une façon de plus en plus intime et le moulent littéralement en se touchant par leurs bords, tandis que les dents marginales, dont le rôle est terminé, se dégagent et divergent vers l'extérieur. Il arrive parfois que l'Insecte

est si grand (jusqu'à 3 cm. de long) qu'il dépasse les limites de sa prison.

Lorsque la feuille est bien refermée sur l'Insecte, les glandes sécrètent un liquide renfermant de l'acide formique et sans doute une pepsinase; l'animal est à la fois maintenu et noyé. La digestion se fait lentement et les matières dissoutes sont si bien absorbées que la

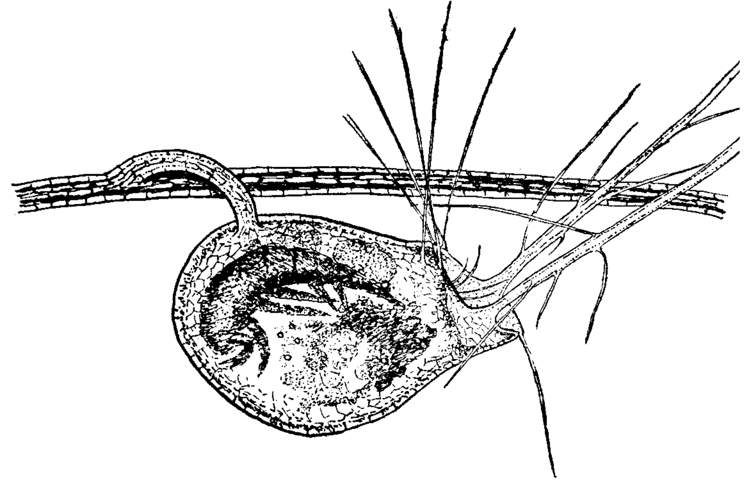


Fig. 25. — Urne d'*Utricularia emarginata* (Amérique du Nord) ; elle renferme un Copépode, des Cypris, des globules colorés par un caroténoïde.

surface de la feuille est tout à fait sèche lorsqu'elle s'ouvre de nouveau, de 9 à 35 jours (suivant la température) après la capture.

L'*Aldrovandia* (Australie, Bengale, Europe) a un appareil de prise plus simple, qui peut à la rigueur être considéré comme de même type que celui de la Dionée.

Les Utriculaires sont de petites plantes aquatiques flottantes de lacs ou de marais qui ne sont pas rares

dans les régions tempérées et chaudes; elles sont constituées par un rhizome portant des feuilles ramifiées et des rameaux sans chlorophylle sur lesquels sont attachées de très nombreuses vésicules ou urnes; à certaines époques ce sont des flotteurs, en tout temps des pièges à petits Crustacés; il est habituel qu'elles en renferment quelques-uns, plus ou moins digérés. L'urne (fig. 25) a une structure très compliquée ; elle a un orifice, fermé hermétiquement par un clapet en équilibre instable ; sa paroi interne porte des poils glandulaires ; cependant, on n'a pas décelé de protéase. Enfin le bord externe de la vésicule est muni de longs poils avertisseurs. A l'intérieur de l'urne, la pression est négative, et lorsque s'ouvre la porte, l'eau se précipite avec force, entraînant le petit animal qui a touché les avertisseurs ; puis le clapet revient automatiquement à sa place. Ouverture et fermeture sont extrêmement rapides et durent, paraît-il, 1/32 de seconde. La prise peut se répéter toutes les demi-heures jusqu'à ce que le piège soit rempli ; la digestion des proies est peut-être l'œuvre de Bactéries banales.

Les autres plantes carnivores sont d'un type tout autre ; elles capturent effectivement des Insectes, mais c'est d'une façon passive, sans mouvements, par noyade dans des feuilles enroulées en cornet ou dans des ascidies remplies d'eau diastasique : ce sont les *Sarracenia* et *Darlingtonia* des marais de l'Amérique du Nord, la liane *Nepenthes* des régions intertropicales d'Asie, le *Cephalotus* d'Australie. Les grandes espèces de *Sarracenia* capturent un nombre incroyable d'Insectes ; les urnes de *Nepenthes*, brillamment colorées, renferment un liquide à diastase propre, dont la production est exaltée par de petits chocs, comme ceux que peut produire un animal qui se débat ; de plus les Bactéries de la décomposition interviennent pour une part importante dans la digestion des proies.

Parmi les divers genres, il y a donc trois types qui sont indubitablement organisés pour capturer des animaux : *Drosera* et *Dionaea* sont des mécanismes parfaits, fort différents l'un et l'autre du mécanisme de l'Utriculaire ; la convergence est physiologique, mais non anatomique. La presque totalité des plantes carnivores, faiblement enracinées, habitent soit le milieu aquatique, soit le sol tourbeux acide, biotopes qui sont très pauvres en azote et en phosphore assimilables ; il est logique de penser que les plantes carnivores se procurent ces deux corps essentiels en captant des proies animales, tandis que d'autres plantes de tourbières comme les Bruyères sont associées avec des mycorhizes. Ce compromis entre le mode de nutrition animal et le mode végétal s'accompagne, dans les trois réalisations parfaites, de l'acquisition de caractères vraiment animaux, la sensibilité et le mouvement, ce qui est d'autant plus surprenant que c'est une sensibilité sans système nerveux et un mouvement sans fibres musculaires. Cependant le type plante carnivore n'a eu qu'un médiocre succès ; il compte peu d'espèces, qui sont d'humbles végétaux, confinés dans des milieux dont ils ne peuvent sortir ; la Dionée, qui a le piège le plus perfectionné, est une plante rare.

La carnivorité, de même que l'association avec des mycorhizes ou des Bactéries fixatrices d'azote atmosphérique (Légumineuses, Aune), a permis à certaines plantes de vivre dans des milieux paraissant peu propres à la vie végétale (voir p. 104), mais on a le sentiment qu'il serait absurde d'invoquer le hasard pour des machines aussi calculées que celles de la Dionée et de l'Utriculaire.

Bien extraordinaires encore sont les Champignons capteurs de Nématodes du sol, étudiés par Comandon et de Fonbrune, qui ont révélé la variété de leurs méthodes : les uns (fig. 26) portent des pièges en collet

ou *garrots,* constitués par un anneau de trois cellules, porté par un court pédoncule de deux cellules ; lorsqu'un Nématode s'engage dans la lumière de l'anneau, les cellules se gonflent subitement par formation de grandes vacuoles, ce qui étrangle l'animal ; puis elles émettent des bourgeons perforants et des hyphes-suçoirs qui

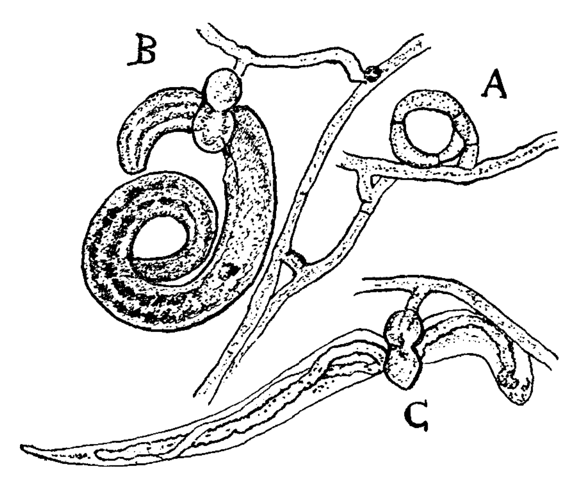


Fig. 26. — Champignon (*Dactylaria brochopaga*), capteur de Nématodes du sol ; A, garrot ouvert (diamètre externe = 23 μ) ; B, garrot venant de capturer un Nématode ; les 3 cellules du piège sont gonflées ; C, 48 heures après la capture ; des filaments mycéliens émis par les cellules gonflées du piège ont envahi le Ver et digéré sa substance (figure composée d'après des photographies aimablement communiquées par MM. Comandon et de Fonbrune).

dévorent l'intérieur du Ver. D'autres ont des pièges collants ou *gluaux* : le pédoncule porte une sphère adhésive qui colle la proie, puis émet un bourgeon qui entre dans celle-ci, s'y gonfle et donne naissance aux hyphes-suçoirs ; d'autres Champignons ont des réseaux d'arceaux collants ou des filaments mycéliens dont toute la surface agit comme piège.

A côté des plantes certainement carnivores, il y a des cas plus frustes, qu'il n'est pas facile d'interpréter ; une Lythrariée, *Cuphea lanceolata* (Mexique , a les tiges et calices hérissés d'un nombre considérable (fig. 27) de poils glandulaires, portant à l'extrémité distale une petite boule à fort pouvoir adhésif. Des petits Insectes

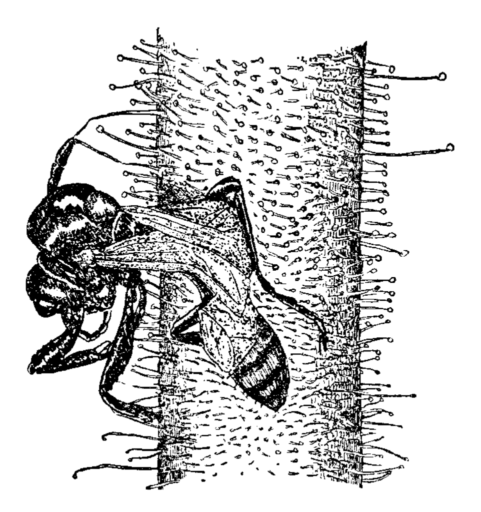


Fig. 27. — Tige de *Cuphea lanceolata* ayant collé un petit Hyménoptère (jardin botanique de Nancy).

de tous ordres, Hyménoptères variés, Diptères, Coléoptères, Hémiptères, Sauterelles, qui se posent par hasard sur la plante, sont collés par la sécrétion et meurent après s'être débattus en vain ; c'est une originalité de certaines espèces de *Cuphea*, car d'autres sont glabres et non visqueuses. Assurément dans les jardins botaniques d'Europe, où l'on cultive des *Cuphea*, ce piège très efficace n'a aucune signification utile, et on serait en peine de lui assigner une fin, mais peut-être,

dans le pays d'origine, les poils collants sont-ils un moyen de défense contre des Insectes déterminés. — De nombreuses Caryophyllacées sont des « attrape-Mouches » ; le *Lychnis viscaria* des bois secs a une tige très visqueuse en dessous des nœuds ; elle capture un grand nombre de petits Insectes, de taille inférieure à 6 mm., parmi lesquels il y a peu de Fourmis ; il en est de même chez les *Silene armeria, nutans, muscipula, hortensis*, dont la partie supérieure est collante ; des cellules spéciales sécrètent des substances très adhésives, oléorésines et cires, dérivant des sucres, très comparables comme composition à la sécrétion des poils de *Drosera* (Molliard et Echevin). La Labiée *Salvia glutinosa* (= klebrige Salbei), des régions montagneuses d'Eurasie, présente, surtout à la partie supérieure, des poils glandulaires, tout à fait identiques à ceux de *Cuphea*, qui collent très efficacement.

On interprète souvent les régions collantes comme une défense contre les Insectes, analogue à l'anneau de glu dont on entoure les arbres fruitiers pour arrêter la montée de parasites ; mais c'est sans doute un luxe plus qu'une nécessité, car on connaît chez *Silene antirrhina*, par exemple, une variété entièrement glabre, qui se trouve çà et là dans l'aire de l'espèce, et forme parfois des colonies prospères.

Homophanie et homochromie.

Une Grenouille rousse (*Rana fusca*), placée dans un entourage de teinte claire, en plein jour, pâlit ; placée sur un fond noir, toujours en lumière, elle s'assombrit. Un examen histologique montre que dans le premier cas, les cellules pigmentaires de la peau (mélanophores) sont contractées, alors que dans le second, elles sont dilatées ; lors du noircissement, il y a probablement absorption d'eau par la peau de la Grenouille, d'où écartement des grains de pigment, et rejet d'eau

lors du pâlissement (1). Une expérience simple prouve qu'il y a en jeu un réflexe ayant les yeux comme point de départ ; si l'on extirpe les yeux ou si l'on coupe les nerfs optiques, les animaux ne sont plus sensibles à l'intensité lumineuse du fond sur lequel on les place ; les mélanophores se contractent d'une façon définitive exactement comme s'il faisait nuit, et les Grenouilles aveuglées pâlissent. Mais les mélanophores, semble-t-il, ne reçoivent pas de filets nerveux ; comment donc peut être réalisé la communication avec les yeux ? De nouvelles expériences démontrent que l'hypophyse intervient par une sécrétion interne ; quand la Grenouille est sur fond noir éclairé, l'influx nerveux émanant des yeux et passant par l'étage inférieur du cerveau intermédiaire (hypothalamus) excite la glande ; le lobe intermédiaire de celle-ci sécrète une hormone, l'intermédine, qui, véhiculée par le sang, touche les mélanophores et les incite à s'étaler ; dans l'exposition sur fond blanc, ou pendant la nuit, le fonctionnement de l'hypophyse est inhibé ; la glande ne rejette pas son intermédine devenue inactive et les mélanophores restent contractés ; bien entendu, si l'on extirpe l'hypophyse, il y a éclaircissement.

Enfin, les capsules surrénales conjuguent leur action avec celle de l'hypophyse ; c'est l'adrénaline déversée dans le sang qui fait contracter les mélanophores étalés.

Un séjour *prolongé* de Poissons ou de Batraciens sur des fonds appropriés amène des changements très considérables de la quantité de pigment ; la production (ou la perte) de mélanine varie inversement au logarithme du pouvoir réfléchissant de l'entourage.

Que signifie ce changement de teinte ou homophanie dont nous connaissons presque parfaitement le méca-

(1) Je dois beaucoup pour ce chapitre aux communications orales de MM. Collin et Florentin, qui m'ont fait part de leurs recherches en cours ; je les remercie bien vivement.

nisme compliqué ? Le mécaniste dira que la question n'a pas de sens ; c'est comme cela parce que c'est comme cela ; l'homophanie est un épiphénomène d'un mécanisme monté par l'effet de hasards évolutifs ; si cette chaîne œil-hypothalamus-hypophyse-mélanophore n'existait pas, les Grenouilles ne s'en porteraient ni

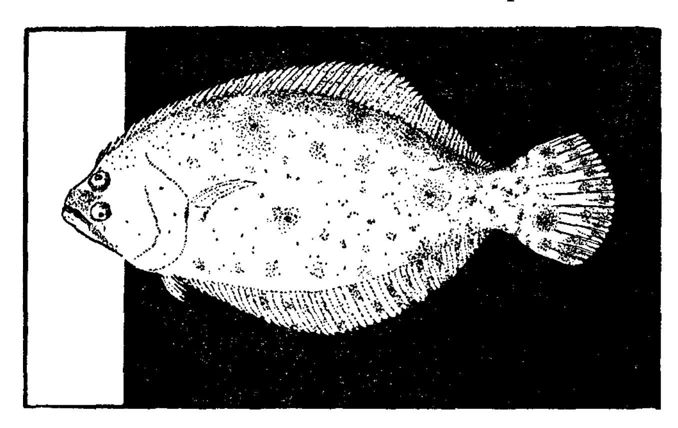


Fig. 28. — Expérience montrant que le Poisson plat (*Paralichthys albiguttus*) s'harmonise avec la teinte du fond par un réflexe dont le point de départ est dans les yeux ; ce Poisson a séjourné 3 heures sur un fond noir et blanc ; mais comme la tête reposait sur la partie blanche, il a harmonisé son corps seulement avec celle-ci (d'après Mast, *Bull. Bur. Fisheries*, 34, 1914).

mieux ni plus mal (à la vérité, le mécaniste n'en sait rien, parce qu'expérimentalement il ne peut que couper la chaîne au milieu ou au début, et non la supprimer).

Le finaliste fait remarquer que ce phénomène est connu chez de nombreux Poissons, Lézards, Crustacés, Céphalopodes ; il se perfectionne même, à tel point qu'un Poisson plat (*Bothus*, *Paralichthys*) reproduit très exactement les nuances du fond accidenté sur lequel il repose ; le *Cottus gobio* des ruisseaux froids n'est pas moins remarquable par son exactitude à copier le substratum homochromie copiante ou mimétique). La peau repro-

duit en quelque sorte l'image qui est perçue par les yeux, des rameaux du sympathique reliant le récepteur et l'effecteur ; on le prouve par une expérience élégante (fig. 28) : soit un fond artificiel dont la plus grande partie est noire, un secteur seul étant blanc ; si l'on place un *Paralichthys* de telle façon que sa tête soit entièrement dans le blanc, tout le reste du corps étant dans le noir, le Poisson blanchira autant qu'il le pourra. Le fait très général qu'un Poisson a le ventre blanc tandis que le dos et les flancs sont colorés, a été expliqué par la différence d'éclairement entre la moitié supérieure et la moitié inférieure de la rétine ; celle-ci (ou bien des aires correspondantes du cerveau) serait polarisée de telle sorte que le rapport entre la lumière incidente et la lumière réfléchie par le milieu pourrait être apprécié, et déterminer les changements de teinte.

Il semble bizarre au finaliste qu'un mécanisme aussi compliqué ait été bâti par hasard, à plusieurs reprises (c'est l'argument de la nageoire dorsale, voir p. 157) ; comme nous sommes habitués à ce que les systèmes organiques aient une fonction, c'est à dire jouent un rôle dans le maintien de la vie individuelle, donc de l'espèce, il est naturel de se demander si l'homophanie n'aurait pas quelque utilité pour l'être qui présente ce phénomène. Mais parler d'utilité, c'est considérer la Vie comme un bien ; c'est formuler un jugement de valeur, donc finaliste.

Il faut reconnaître que la fonction de la couleur est très mal connue ; il n'est pas certain que l'homophanie et même l'homochromie copiante aient une valeur défensive, à la façon d'un camouflage, vis-à-vis d'ennemis chassant à la vue. Mais il y a un rapport non douteux entre la lumière et la coloration, car les êtres qui vivent à l'obscurité absolue (cavernicoles et parasites internes) sont presque toujours blancs ou dépigmentés, comme s'ils n'avaient plus besoin du revêtement pig-

mentaire ; on sait, du reste, que la lumière intervient parfois directement dans la genèse du pigment, puisqu'un Protée des cavernes et un *Gammarus* blanc de mines profondes se colorent (faiblement !) lorsqu'on les élève en milieu éclairé. Sans doute, les couleurs ont une action sélective sur les radiations de diverses longueurs d'onde, absorbant les unes, réfléchissant les autres ; ainsi elles sont parfois une défense contre l'action nocive des ultra-violets (coups de soleil, fagopyrisme, etc.) ; on a observé que les cancroïdes de la face sont relativement fréquents chez les cultivateurs blonds, dont la peau peu pigmentée les protège mal contre l'action cancérigène des rayons solaires ; il est bien connu que les Oursins littoraux (*Paracentrotus lividus*), vivement éclairés, défendent leur région apicale en la recouvrant de corps étrangers. Des Crustacés lucifuges se cachent sous les pierres ou s'enterrent superficiellement dans le sable ; les *Hippolyte* aux couleurs variées s'abritent dans des Algues brunes, vertes ou rouges, de préférence dans celles de même teinte qu'eux-mêmes, ce qui équivaut au point de vue de l'absorption de radiations à une quasi-obscurité (homochromie anti-spectrale).

Les mécanistes ont critiqué avec raison les théories séduisantes des sélectionnistes, au sujet du rôle défensif généralisé des colorations (voir p. 61) ; à coup sûr, on avait exagéré, mais il me semble qu'on va maintenant trop loin en sens contraire. Il est possible que les extraordinaires imitations de végétaux que sont les *Kallima*, Phyllies, Ptérochrozes, *Phloea*, *Phyllopteryx eques*, n'aient pas une valeur protectrice supérieure à celle d'une banale homochromie ; qu'on les traite de caprices, de fantaisies de la Nature, je le veux bien ; mais on aura toujours grande peine à croire qu'elles sont le résultat de hasards superposés sans but. L'homochromie copiante reste une énigme.

Les yeux.

Les yeux des Vertébrés sont renfermés en puissance dans l'œuf qui donne naissance à l'organisme, puisqu'un embryon normal se développant dans des conditions

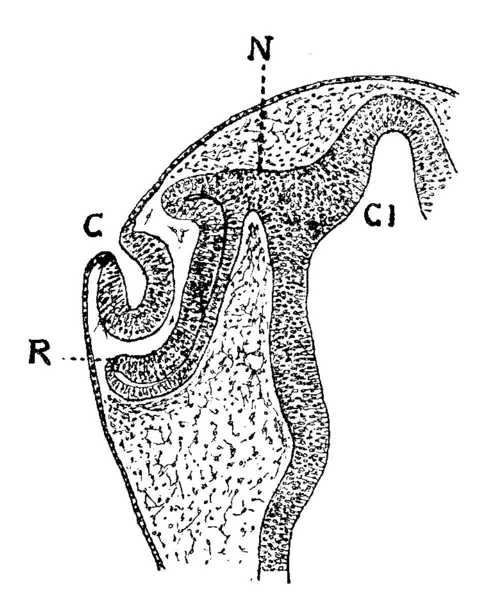


Fig. 29. — Coupe transverse de la tête d'un embryon de Poulet, après **69 heures d'incubation** : C, invagination cristallinienne ; CI, cavité du **prosencéphale** ; **N,** futur nerf optique ; R, coupe rétinienne.

normales a infailliblement des yeux fonctionnels ; le processus de leur formation est bien connu (fig. 29) : le cerveau antérieur émet un prolongement latéral creux qui se transforme en une vésicule, communiquant avec la cavité cérébrale par un pédicule rétréci qui sera plus tard le nerf optique ; le contact du rudi-

ment oculaire avec l'épiderme sus-jacent détermine la formation d'une rétine; la vésicule se déprime en coupe; la présence de cette coupe exerce à son tour une influence morphogène sur l'épiderme qui lui fait face (1) ; il s'épaissit, puis s'invagine en une vésicule creuse, le futur cristallin, qui se comble par hypertrophie des cellules de la paroi. La présence du cristallin réagit sur le mésoderme placé entre lui et l'épiderme, et celui-ci devient transparent (cornée), tandis que la coupe oculaire organise le conjonctif qui l'entoure (futures sclérotique et choroïde) ; la présence de l'œil conditionne la formation d'une orbite, région d'insertion pour les muscles moteurs ; puis se développent l'iris, les procès ciliaires, les paupières, les cils, la glande lacrymale, le canal lacrymal, etc., sans compter les mécanismes réflexes à point de départ oculaire et les rapports avec l'aire visuelle de l'écorce cérébrale (scissure calcarine).

Chez *Rana fusca*, le cristallin ne se développe pas en l'absence de coupe oculaire ; c'est de celle-ci que provient l'excitation agissant sur l'épiderme pour provoquer l'invagination cristallinienne ; mais chez une espèce très voisine, *Rana esculenta*, il y a ce qu'on a appelé une double assurance ; l'aire présomptive du futur cristallin est déjà localisée et sa destinée fixée au stade précoce de neurula ; à un stade plus tardif, la coupe oculaire se développe ; elle possède aussi le pouvoir d'induire la formation d'un cristallin, mais elle n'en use pas normalement ; il y a détermination *in situ*, en relation avec un organiseur et la géométrie de l'embryon total. On pourrait même parler d'une triple assurance, puisque chez le Triton le cristallin extirpé se reforme par un processus tout à fait étranger aux précédents : un épaississement du bord de l'iris.

(1) Quand on dévie le nerf optique ou qu'on transplante la vésicule oculaire en un point quelconque du corps, sous la peau, il y a différenciation d'un cristallin et d'une cornée en ce point.

En somme, l'œil se constitue par inductions et différenciations successives de parties, qui se déterminent l'une l'autre, probablement par diffusion de substances chimiques (stimuli formateurs de Herbst), et finalement édifient un appareil optique capable de fonctionner sans se déranger pendant un grand nombre d'années, et qui, chez certains animaux, saura même remplacer des parties manquantes.

Presque toujours l'œil apparaît dans un état de perfection totale ; parfois, cependant, il y a un dérangement plus ou moins grand dans la machinerie du germe, ce que l'on appelle une mutation, et il s'ensuit une modification légère ou forte de l'organe : changement de coloration de l'iris (yeux bleus), atrophie de tous les pigments (albinisme), opacité du cristallin (cataracte), troubles de la vision (loucherie, myopie, hypermétropie, daltonisme, héméralopie, etc.), absence des cônes et des bâtonnets (constatée chez la Souris), cessation de fonction et régression allant jusqu'à l'atrophie totale (cavernicoles aveugles). Des monstres cyclopes à orbite unique et médiane ne sont pas rares chez les animaux domestiques.

L'anatomie comparée nous enseigne qu'il y a chez les divers animaux toutes sortes de formules d'yeux, depuis une simple cellule pigmentaire surmontant un élément nerveux jusqu'à l'œil admirablement pénétrant de l'Oiseau, en passant par la coupe rétinienne du Nautile, les ocelles des Mollusques, les yeux mosaïques des Insectes et des Crustacés ; toutes ces formules ont quelque chose de commun, le pigment noir ou rouge, la cellule rétinienne réceptrice, souvent des milieux transparents et des lentilles, mais il n'est pas douteux qu'elles se sont développées indépendamment les unes des autres, aux dépens de tissus différents ; ce ne sont pas des étapes sériées d'une marche vers un certain but, mais des solutions distinctes et convergentes d'un

même problème — la perception plus ou moins précise des radiations lumineuses — pour des fins locomotrices, nutritives, défensives ou autres. Chacune des solutions est parfaite en son genre (1), puisqu'elle suffit à l'espèce considérée, qui s'arrange des renseignements plus ou moins complets fournis sur le monde extérieur ; il en est même quelques-unes qui vont sans doute au delà des besoins, du moins à notre jugement d'homme (cas des yeux complexes et multiples des Spondyles). L'absence d'yeux est en rapport avec la fixation, ou bien avec une vie cachée, souterraine ou parasite, sans qu'on sache avec certitude quel a été le phénomène primaire : adoption du milieu obscur avant l'atrophie de l'organe visuel, ou bien perte de la vue avant l'entrée dans une caverne ou à l'intérieur d'un organisme (voir p. 115). A part quelques modifications qui n'ont qu'une petite importance vitale, comme l'affaiblissement de la coloration de l'iris, les changements produits par le hasard dans la machinerie édificatrice ont tous un effet fâcheux ; donc l'appareil normal est aussi parfait qu'il peut l'être, pour chaque espèce considérée en particulier.

Nous savons encore que la machinerie édificatrice, cause efficiente du développement de l'organe, est renfermée en puissance dans la cellule germinale, œuf ou spermatozoïde ; elle est constituée par un nombre plus ou moins grand (indéterminable) de substances chimiques différentes, les gènes, épars dans les divers chromosomes du noyau de la cellule germinale ; les

(1) Mais non pas au point de vue de l'optique théorique, puisqu'il y a des animaux à yeux normalement et fortement hypermétropes (Poissons). Notre œil a l'inconvénient de vieillir assez vite et n'est pas optiquement parfait, comme l'aurait dit Helmholtz dans une phrase souvent citée par les anti-finalistes (boutade émise au cours d'une conférence, à Heidelberg en 1868) ; mais s'il a des défauts surtout géométriques (chromatisme), ils sont de telle sorte qu'ils ne nuisent pas ; certains concourent au bon fonctionnement de l'organe (voir A. de Gramont, *Problèmes de la vision*, Flammarion, Paris, 1939).

mutations sont dues à des modifications de ces gènes, et c'est l'existence objective des mutations oculaires indépendantes qui force à accepter cette hérédité particulaire ; on peut par des croisements appropriés rassembler tels et tels gènes dans une même cellule, et prévoir le résultat que donnera la combinaison nouvelle. Ainsi on doit admettre qu'il y a de multiples gènes qui interviennent d'une façon physico-chimique, on ne sait trop comment, dans la genèse de l'œil normal ; on a démontré expérimentalement, par exemple, que plusieurs dizaines de gènes concourent chez la Drosophile à la réalisation de la couleur rouge brique de l'œil et du nombre des facettes.

Etant donnés les faits que je viens de rappeler, conditionnement germinal par gènes multiples, développement par différenciation successive de parties, il est tout à fait surprenant que l'œil soit néanmoins une formation organisée, dont tous les détails jouent des rôles coordonnés aboutissant à cette fonction qui nous paraît univoque : la vision.

Il ne faut pas oublier que l'œil ne vaut pas seulement comme appareil donnant à l'animal des sensations de luminosité, de mouvements et de formes ; il est relié à presque tous les systèmes organiques ; il commande le mode de locomotion ; il est le point de départ des phototropismes, des changements de coloration (homophanie et homochromie mobile) ; il décide du mode de nutrition (un carnassier a nécessairement un bon appareil visuel) ; il a souvent un rapport avec la reproduction : les parades et les robes de noces, les caractères sexuels externes n'auraient aucun sens s'ils n'étaient destinés à capter l'attention visuelle et par là à provoquer les réflexes préparant la fécondation ; J. Benoit a montré que l'excitant lumineux agissant sur la rétine ou le nerf optique déclenche, par l'intermédiaire de l'hypophyse, l'activité des gonades quand celles-ci se

trouvent au repos (réflexe opto-sexuel) ; la migration des Oiseaux, liée aussi au facteur sexuel, est en rapport avec l'allongement ou la diminution des jours dans un lieu déterminé, c'est-à-dire avec la lumière.

Comment pouvons-nous concevoir la genèse des yeux ? L'Homme étant un artisan ne comprend un organe que sur le modèle des machines qu'il invente et construit ; il a précisément fabriqué une sorte d'œil qui est l'appareil photographique. Or toutes les machines humaines se font par addition de parties, qui sont découpées une à une et ensuite assemblées conformément à un plan ; il n'y a de résultat fonctionnel que lorsque toutes les parties sont rigoureusement mises en place. A partir de ce moment la machine est finie ; elle fonctionne quand on lui fournit l'énergie nécessaire à ses dépenses et l'huile qui adoucit les frottements. Au bout d'un certain temps, les rouages s'usent, les roulements s'encrassent, la synergie générale s'altère, le rendement devient moins bon ; la machine est vieille.

Y a-t-il quelque parallèle à établir entre l'œil d'un Vertébré qui s'est développé à un certain moment de l'évolution du phylum, et la machine faite par l'Homme pour servir à un usage déterminé ?

Le mécanicisme ne peut supposer qu'une chose : c'est que l'œil s'est développé par addition de parties, par une suite de mutations ou d'inductions successives qui s'ajustèrent par miracle pour former un système fonctionnel, fournissant à l'être des renseignements précieux sur les phénomènes extérieurs ; chaque étape de cette évolution était aussi fonctionnelle, d'une façon plus ou moins fruste. Mais avec la meilleure volonté du monde, on ne peut rien déceler de pareil dans l'anatomie comparée ; comme je l'ai dit plus haut, chaque type d'œil, depuis le plus rudimentaire jusqu'au plus parfait, est complet en soi ; il y a au moins du pigment, une cellule rétinienne, une zone transparente qui laisse passer la

lumière ; quand on examine un animal, on n'hésite pas une seconde à identifier les yeux, tellement l'apparence extérieure est la même. Comment pourrait-on demander au hasard des variations l'origine réitérée de tels complexes, aux connexions multiples ?

Mais puisque l'œil est un bloc indivisible, qui ne peut se concevoir qu'achevé, ne pourrait-on pas supposer qu'il est apparu en une fois, d'un seul coup, avec ses traits essentiels ? Invention du patrimoine héréditaire répondant à un besoin, celui de la transformation de l'énergie lumineuse en influx nerveux, établissant une relation intime entre l'animal et son entourage, l'Idée s'est exprimée d'une façon variée dans les différents groupes, sans tâtonnements notables ; parfois même le but a été dépassé (voir p. 72).

Je conviens que cette hypothèse est extrêmement hardie, et on ne manquera pas de la trouver aussi improbable que la conception mécanistique; aussi demanderai-je un appui à la citation suivante de Bergson : « ... nous nous étonnons de la merveilleuse structure d'un instrument comme l'œil. Au fond de notre étonnement il y a toujours cette idée qu'*une partie seulement* de cet ordre *aurait pu* être réalisée, que sa réalisation complète est une espèce de grâce. Cette grâce, les finalistes se la font dispenser en une seule fois par la cause finale ; les mécanistes prétendent l'obtenir petit à petit par l'effet de la sélection naturelle ; mais les uns et les autres voient dans cet ordre quelque chose de positif et dans sa cause, par conséquent, quelque chose de fractionnable, qui comporte tous les degrés possibles d'achèvement. En réalité, la cause est plus ou moins intense, mais elle ne peut produire son effet qu'en bloc et d'une manière achevée » [*Evolution créatrice*, p. 104]. Il paraît bien que la pénétrante intuition du philosophe aboutit à une conception identique à celle du naturaliste finaliste.

Si l'œil se réalise (peut-être !) d'une façon explosive, il disparaît lentement, par paliers, comme le montrent si bien les animaux cavernicoles et endogés. Son atrophie met en évidence une coaptation anatomo-physiologique, puisqu'elle coïncide presque toujours avec un instinct obscuricole qui pousse les animaux aquatiques à se réfugier dans les eaux souterraines (voir p. 115, 190), ou, ce qui aboutit au même résultat pour les terrestres, avec un tropisme positif pour les milieux humides et frais, donc obscurs (fissures du sol, cavernes).

Organes d'accrochage.

Natura maxime miranda in minimis.

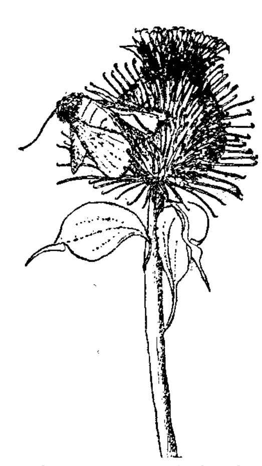


Fig. 30. — Capitule de grande Bardane (*Lappa major*), portant une Noctuelle accrochée par les bractées de l'involucre.

Germes végét ux. — B de fruits s'accrochent au plumage et à la fourrure des animaux ; il suffit de faire une promenade dans une friche ou un sous-bois pour trouver sur ses vêtements des quantités de semences qu'il n'est pas facile d'enlever : ce sont les petites boules hérissées de crochets en hameçon du Gaillet ou Gratteron (Rubiacée *Galium aparine*), les gros capitules couverts de bractées recourbées de la Bardane (Composée *Lappa major*, fig. 30), les cônes couronnés de hameçons de l'Aigremoine (R-sacée *Agrimonia eupatoria*, fig. 31), les longs fruits plats terminés par 2, 3 ou 4 piquants barbelés de la Composée *Bidens* (fig. 32), les akènes aplatis de la Borraginée *Cynoglossum* couverts

de courtes pointes avec grappins au sommet. Nous avons parlé plus haut des capsules hypert ques des *Proboscidea* et des *Harpagophytum* (fig. 9 et 10, p. 68) (1).

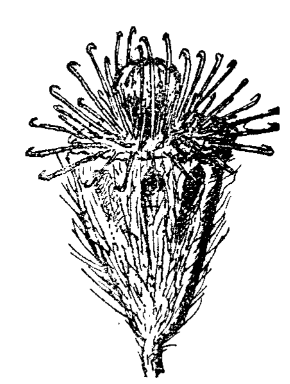


Fig. 31. — Akè nf mé dans le tube endurci du calice, *Agrimonia eupatoria*.

Chez *Galium*, *Lappa*, *Agrimonia*, les organes d'accrochage sont de magnifiques hameçons, parfaitement lisses, fortement lignifiés à l'extrémité où la solidité est nécessaire ; chez la Bardane et l'Aigremoine, le crochet regarde la partie centrale du fruit ; lorsq elui-ci se ess c e, es hameçons s'écartent et s'abaissent, de sorte qu'ils sont parfaitement disposés pour accrocher au moindre contact ; on peut remarquer que les bractées centrales de la Bardane, qui d'après leur position, n'ont aucune chance d'entrer en contact avec un animal, sont droites, non rigides et sans crochet. Chez *Bidens*, où le calice enveloppe l'akène, ce sont des piquants droits, barbelés sur toute leur longueur, les barbelures se prolongeant sur ê e d calic . L typ grapp n, av c pointes dirigées dans tous les sens, se rencontre chez *Cynoglossum* et *Harpagophytum*. Ces trois conceptions différentes

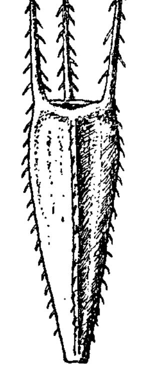


Fig. 32. — Akène enveloppé du calice, *Bidens tripartita*.

(1) On trouvera de bonnes figures des fruits à crochets dans Ulbrich (E.), *Biologie der Frucht und Samen (Karpobiologie)*, Springer, Berlin, 1928.

de l'accrochage sont tellement logiques qu'elles suggèrent une fin voulue.

On sait l'importance de ce moyen de dissémination, surtout pour les plantes basses des pays tempérés ; aux environs de Port-Juvénal, près de Montpellier, où pendant un iècle on déchargea et lava les laines venant de pays lointains (Amériques, Asie occidentale, régions méditerranéennes), apparut une flore adventice provenant des graines accrochées aux toisons ; on y a compté plus de 500 espèces ; par suite de l'absence d'un biotope steppique, elles ont disparu à l'exception de 4 qui se sont naturalisées et répandues dans le pays.

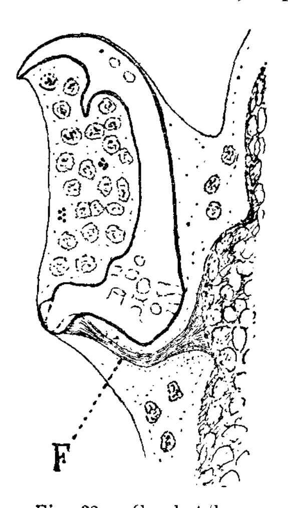


Fig. 33. — Crochet (longueur = 0 mm. 33) de l'extrémité des bras, *Astrophyton clavatum* : F, faisceau conjonctif rattachant la base du crochet à un ossicule du bras.

Crochets des Ophiures. — Les crochets des Ophiures sont de petits hameçons calcaires de 0 mm. 1 environ, terminés par une forte dent courbe et portant un éperon recourbé se détachant de la hampe (fig. 33) ; on les trouve plus spécialement vers les extrémités des bras, sur la face orale de ceux-ci, tout près des tentacules ambulacraires ; leur orientation est constante : le bout libre est dirigé vers la pointe du bras. Ils n'existent que chez un petit nombre d'espèces, notamment chez celles à longs piquants, habitant des fonds rocheux (genres *Ophiothrix*, *Ophiopteron*) et chez les Euryales, dont les bras souples s'enroulent autour de corps étrangers (*Asteronyx*, *Astrophyton*, *Gorgonocephalus*, *Trichaster*) ; ils

sont extrêmement nombreux sur les fines ramifications des bras d'*Astrophyton*. Il n'y a jamais de crochets chez les espèces à bras lisses (*Ophiura*, *Ophioderma*, etc.), et chez celles à courts radioles, habitant les fonds sableux ou vaseux (*Ophiocoma*, *Ophiactis*, *Amphipholis*). Ce sont évidemment des crampons qui jouent un rôle passif dans la locomotion, en s'implantant dans les anfractuosités lorsque le bras avance, lui fournissant ainsi un point d'appui ; ils ressemblent tout à fait aux griffes chitineuses de la plupart des Tardigrades, celles-ci ayant la même fonction.

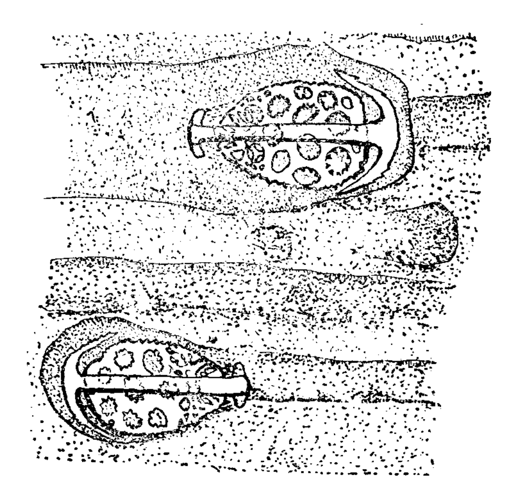


Fig. 34. — Fragment de peau, *Synapta Galliennei*, vu à un faible grossissement, montrant deux plaques à ancre, orientées dans les deux sens.

Ancres des Holothuries. — Chez un certain nombre d'Holothuries *dépourvues* sur le corps de tentacules ambulacraires, c'est-à-dire n'ayant pas de moyen d'accrochage par ventouses, il existe dans la peau de petits

organes calcaires, ne dépassant pas le millimètre, caractéristiques de la plupart des Synaptes et de certains Molpadides ; ils sont constitués (fig. 34) par une plaque perforée à laquelle est solidement attachée une ancre, dont les branches portent souvent de fines barbelures. Ces appareils sont toujours disposés transversalement par rapport à l'axe longitudinal de l'animal ; l'ancre est logée dans un mamelon de la peau, plus ou moins saillant suivant l'état de contraction ou de gonflement du corps. La Synapte, prenant appui sur la pointe des ancres, peut se soutenir passivement dans la galerie qu'elle habite, ou adhérer à des Algues et Madrépores.

Mais ces organes si finement et si élégamment structurés n'ont sans doute qu'une petite utilité ; ils varient considérablement de taille chez les diverses espèces ; leur nombre est très inconstant chez les individus d'une même espèce (*Molpadia musculus*), allant même jusqu'à la disparition chez les adultes ; enfin ils font totalement défaut dans certains genres de Synaptides (*Anapta, Chiridota*, *Myriotrochus*).

Les Crabes qui s'habillent.

Il y a tout un groupe de Crabes qui « s'habillent » (Oxyrhynques comme *Macropodia*, *Achaeus*, *Inachus*, *Pisa*, *Maïa*, *Hyas*, *Eurynome*) (1), c'est-à-dire dont la carapace dorsale et les pattes se revêtent de corps étrangers, récoltés au voisinage, coquilles, Algues, Éponges, Hydraires, Bryozoaires, voire même Tuniciers ; ils sont accrochés à des poils spéciaux, robustes et élastiques, recourbés en crochet (fig. 35) ; c'est le Crabe lui-même qui cueille des fragments d'Algues ou d'Eponges et

(1) Les Dromiacés et Dorippiens s'habillent aussi, mais par un autre procédé ; ils maintiennent sur leur dos des Eponges ou des coquilles vides, avec les griffes des dernières pattes thoraciques.

avec ses pinces les enfile dans les crochets. On a vu des Crabes enlever un revêtement pour lui en substituer un autre lorsqu'on les changeait de milieu, par exemple remplacer des Algues par des fragments d'Eponges, comme s'ils éprouvaient le besoin d'être à l'unisson de l'entourage. L'intensité du déguisement dépend de l'âge et du sexe : ce sont surtout les jeunes et les femelles qui se vêtent ainsi ; les vieux *Maïa* mâles sont à peu près nus. Il y a beaucoup moins de crochets chez le mâle que chez la femelle adulte, de sorte que cette dernière est la plus abondamment habillée. Plantes et animaux s'implantent sur la carapace, continuent à pousser et peuvent devenir envahissants : j'ai vu des *Pisa* littéralement enterrées sous d'énormes Eponges (*Myxilla rosacea*) qui ne laissaient libre que la face ventrale ; l'habillage peut donc avoir de sérieux inconvénients. Mais à chaque mue, l'animal se dépouille ; cependant, dès que cela lui est possible, il replace un revêtement comme s'il ne pouvait s'en passer.

On a beaucoup étudié ce phénomène (voir la bibliographie et un bon article dans Vignon, p. 339) et on a naturellement émis à ce sujet des opinions finalistes et mécanistes. Quand les Crabes ont un habillement complet et restent immobiles, ils sont difficiles à voir, d'autant plus qu'ils ont emprunté au milieu immédiat les matériaux de couverture ; il est donc indiqué de regarder ce camouflage et tous les détails morphologiques et psychiques qui le permettent comme liés à une fonction de défense, particulièrement utile à des Crabes lents et à pinces médiocres ; la femelle, plus précieuse pour l'espèce puisqu'elle porte longtemps la progéniture, est mieux protégée, ce qui est logique. Mais il est bien difficile de prouver expérimentalement la valeur protectrice de l'habillage ; elle n'est pas autrement certaine ; car l'immense majorité des Crabes, lents ou vifs, n'ont pas recours à ce déguisement. Bien entendu, le méca-

niste pense que cet instinct singulier est né par hasard, de même que l'outil (les poils en crochet) qui lui permet de se manifester. Il paraît bien que son utilité est des plus problématiques ; même chez les Oxyrhynques, l'habillage est extrêmement inégal suivant les localités ; les très vieux individus ne se déguisent plus parce qu'ils ont perdu leurs crochets ; les Parthénopides, habitants de fonds pierreux, ne se masquent pas.

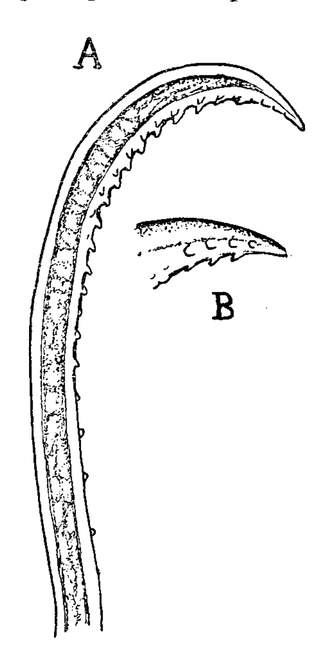


Fig. 35. — A, poil en crochet de *Pisa* sp. ; B, extrémité d'un poil en crochet de *Pisa tetraodon*.

Le finaliste remarque : 1° que les Oxyrhynques sont les seuls Crabes qui possèdent des poils en crochet ; 2° que la distribution de ces poils sur le corps et les pattes n'est pas quelconque ; sur les flancs, ils sont arrangés en allées (*Pisa*), les poils étant courbés du côté intérieur de l'allée, de sorte que des corps allongés glissés entre les deux rangs sont solidement maintenus ; 3° que le poil en crochet n'est pas quelconque ; il est organisé (Aurivillius) ; sa face concave porte plusieurs rangées de barbelures (fig. 35), dont la pointe est dirigée vers la base du poil, de sorte qu'un morceau d'Algue une fois enfilé ne peut plus ressortir ; cette barbelure est développée à l'extrémité distale et s'atténue à mesure que l'on s'approche de la base, ce qui est raisonnable, car cet appareil de rétention est surtout utile au

sommet ; 4° que les Oxyrhynques sont à peu près les seuls Crabes qui possèdent le mécanisme nerveux, plus ou moins sub-conscient, qui aboutit au camouflage ; 5° que les Oxyrhynques ont des mouvements lents. Si l'une de ces conditions manquait, l'habillage n'aurait aucun sens ; laissant de côté la question d'utilité, c'est un fait qu'un concours de particularités morphologiques et psychiques aboutit à un résultat singulier. Alors se pose l'éternelle question : est-ce une suite de hasards ou l'accomplissement d'un dessein ?

* * *

Si l'on compare les figures 30, 31, 32, 33, 34, 35, qui représentent quelques types d'appareils d'accrochage, on constate que ce sont des solutions légèrement différentes, mais toujours efficaces, d'un même problème ; bâtis en matériaux variés (calcaire, chitine, parois lignifiées), leur origine morphologique n'est pas moins diverse : ce sont souvent des modifications d'organes préexistants, bractées (Bardane), extrémités d'arêtes calicinales (*Bidens*), poils tégumentaires (Crabes), piquants (crochet des Ophiures = 1er piquant ventral) ; la Nature utilise ce qui se trouve à la place convenable, et de ces choses quelconques fait des appareils manifestement préparés pour leur rôle ; il importe peu que le jeu des crochets ne soit qu'un luxe inutile, ou qu'il ait une influence sur l'extension de l'espèce. En considérant froidement les crochets dans leurs détails structuraux, sans préjugé dogmatique, il semble impossible de croire à l'œuvre répétée du hasard.

Les coaptations d'accrochage.

Les ailes d'Insectes.

Dans plusieurs groupes d'Insectes, il s'est développé un appareil d'accrochage automatique des ailes d'un même côté, de telle sorte que pendant le vol les ailes

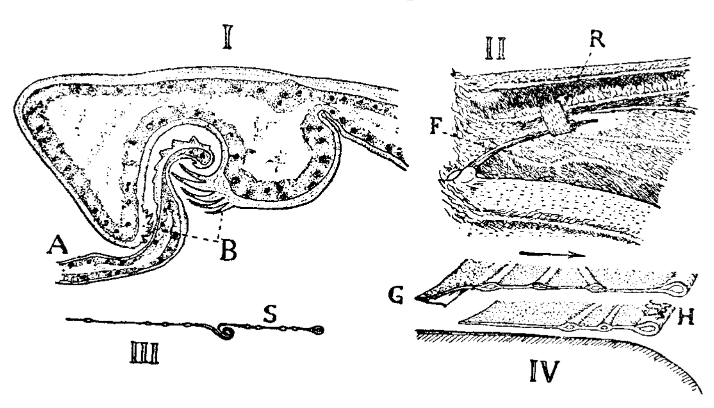


Fig. 36. — Appareils d'accrochage des ailes chez divers Insectes : I, Hémiptère Pentatomide (*Picromerus bidens*) ; coupe transverse des ailes accrochées dans la position de vol ; l'aile A a le bord antérieur recourbé, engagé dans une gouttière creusée à la face ventrale de l'hémélytre et maintenu entre deux brosses B. — II, Sphinx (*Hyloicus ligustri*) : région basale des ailes gauches vue par la face ventrale, dans la position de vol ; le frein F appuie sur le rétinacle R. — III, *Cicada*, coupe des deux ailes accrochées : S, face dorsale de l'aile antérieure. — IV, schéma de la disposition des ailes du côté droit chez un *Bombus* au repos : G, gouttière de l'aile antérieure ; H, hamules de l'aile postérieure ; la flèche indique le sens du mouvement de déploiement de l'aile (I et II, d'après Corset, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 1931).

rendues jointives forment un plan unique ; résultat qui a été obtenu chez les Diptères par un procédé plus simple, la suppression de l'aile postérieure. Si l'Insecte se pose, l'accrochage se défait automatiquement lorsque les ailes sont ramenées sur le dos (sauf exception rare) ; l'aile postérieure se glisse alors sous l'antérieure.

L'appareil n'est pas conformé de la même façon chez

les Hyménoptères, Homoptères, Hétéroptères, Lépidoptères, ce qui montre qu'il s'est développé indépendamment dans les quatre groupes : il y a convergence physiologique, mais notable différence structurale. Je rappellerai brièvement les faits, que l'on trouvera parfaitement exposés dans les mémoires de L. Walter et de P. Corset.

Chez les Hyménoptères (fig. 36), l'aile antérieure présente à son bord postérieur une gouttière, tandis que la nervure costale de la seconde aile porte un nombre plus ou moins grand de poils robustes, doublement courbés, dessinant un V dont la pointe est arrondie (*hamules*, fig. 37), leur nombre varie de 2 (*Proctotrupes*) à 50 (*Sirex*). Au moment de l'envol, lorsque l'aile antérieure se déplace, la gouttière accroche automatiquement les hamules, et les deux ailes sont solidement reliées l'une à l'autre ; rien de plus facile que de réaliser cette union, même sur des exemplaires morts. La solidité de l'accrochage est au maximum chez certains Chalcidides, *Leucospis gigas* par exemple : la première fois que se coaptent les deux ailes, elles demeurent *définitivement* attachées, ce qui se traduit au repos par la duplicature des ailes antérieures. Notons la précision de la correspondance entre les deux parties coaptantes : la gouttière est toujours bien en face de la rangée d'hamules ; elle a exactement la largeur, la profondeur et la longueur qu'il faut pour les loger.

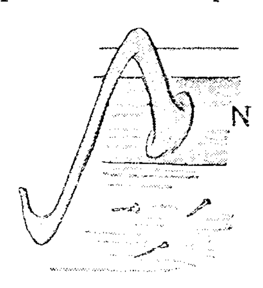


Fig. 37. — Hamule de Xylocope violet, à un fort grossissement : N, nervure du bord de l'aile, sur laquelle sont fixés les hamules.

Chez les Panorpoïdes (Panorpides, Hémérobiiformes, Phryganides, Lépidoptères), il existe en principe, à la base du bord antérieur de l'aile postérieure, un *frein*,

saillie munie de soies accrochant par en dessous la base de l'aile antérieure, correspondant à un *joug*, saillie avec soies passant au-dessus de la base du bord antérieur de la seconde aile, qui se trouve pincée entre le joug et l'aile antérieure. Joug et frein tendent à disparaître chez les Hémérobiiformes à mesure que l'aile se rétrécit en s'allongeant, ce qui leur donne un aspect de Libellule, de sorte que les ailes deviennent indépendantes pendant le vol. Chez les Lépidoptères du groupe primitif des Jugates, le joug est seul conservé (fig. 38) sous la forme d'un petit lobe poilu (*Hepialus*) ; les Jugates les plus primitifs, les Microptérygoïdes, ont en outre un frein, légère saillie portant quelques soies. Chez les Frénates, au contraire, le joug a disparu et le frein s'est perfectionné ; il est constitué chez la femelle par un certain nombre de fortes soies, retenues par un *rétinacle* formé d'une touffe de poils portée par la nervure cubitale de l'aile antérieure ; chez le mâle, il y a une soie unique, très robuste (fig. 36), reçue dans un rétinacle, repli en U situé sur la face inférieure de l'aile antérieure ; crin et rétinacle sont particulièrement faciles à voir chez les Sphingides, voiliers émérites. Tout l'appareil disparaît chez les Papillons évolués, aussi bien Hétérocères que Rhopalocères ; le couplage des ailes est alors du type *amplexiforme* ; l'aile postérieure, élargie dans sa région humérale, est maintenue en position par la pression qu'elle exerce sur le dessous du champ anal de l'aile antérieure.

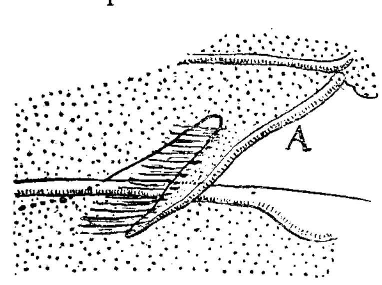


Fig. 38. — Joug d'*Hepialus* (Lameere, *Précis de Zoologie*, t. V) : A, angle anal de l'aile antérieure droite, portant le joug.

Chez les Homoptères et Hétéroptères, l'appareil varie sensiblement suivant les groupes : la seconde aile est unie à la gouttière de la première par un hamule (*Psylla*), deux (*Phylloxera*), ou plus ; chez les Cigales, il y a agrafage de deux replis. Chez les Hétéroptères (fig.36), le bord antérieur de la seconde aile contourné en forme d'S est pris dans une forte dépression ou gouttière. creusée dans la face inférieure de l'hémélytre ; cette dépression est bordée par deux saillies (onglet et brosse) garnies d'écailles ou de poils raides qui s'emmêlent avec l'ornementation du bord de la seconde aile. La coaptation est d'une étonnante précision : chez *Notonecta glauca*, la dépression a 44 μ de large sur 120 μ de long, et cependant la première fois que l'Insecte s'envole, après la mue imaginale, l'accrochage a lieu et le pli en S coulisse sans difficulté entre l'onglet et la brosse.

Les appareils d'accrochage manquent totalement chez les Odonates et les Ephémères (Paléoptilotes), groupes considérés comme primitifs, ainsi que chez des Holométaboles à faciès de Libellule.

Le mode de développement des ailes, que l'on ait affaire à des Exoptérygotes ou à des Endoptérygotes, montre que les deux parties de la coaptation ont évolué indépendamment l'une de l'autre ; en effet, les hamules n'ont jamais pu provoquer la formation de la gouttière antagoniste, pour la bonne raison que les ailes de l'imago sont renfermées dans des fourreaux alaires distincts, qui les isolent (fig. 39).

On peut penser *a priori* que ces divers appareils, si bien construits, ont un rôle important à jouer ; mais l'expérience, tout d'abord, est quelque peu décevante ; chez une Cigale, par une amputation rapide du bord postérieur de la première aile de chaque côté, il est facile de supprimer la gouttière qui reçoit la partie inverse de la seconde aile ; la coaptation est donc irrémédiablement détruite ; or l'Insecte s'envole comme si

de rien n'était, aussi rapidement et aussi vigoureusement qu'une Cigale intacte. Si on sectionne le bord hamulaire ou la gouttière d'Abeilles, de Bourdons, de Xylocopes, les animaux mutilés s'envolent aussi facile-

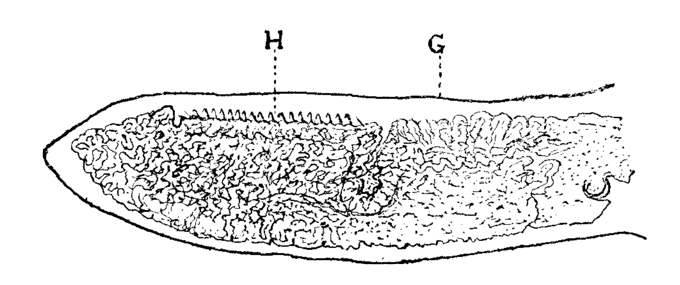


Fig. 39. — *Aile postérieure d'une nymphe d'Abeille* : G, *gaine alaire* (ptérothèque) ; H, rangée de 18 hamules.

ment que les normaux, et vont aussi loin qu'il est possible de les suivre de l'œil. Enfin, si l'on coupe le crin d'un Papillon à frein, il n'y a rien de changé, en apparence, dans le vol ; c'est à peine si celui-ci paraît moins soutenu.

Il y a mieux encore : l'aile postérieure, plus petite il est vrai que l'aile antérieure, apparaît *a priori* comme un organe utile, peut-être indispensable. Cependant, si d'un coup de ciseaux, on coupe à la base les deux ailes postérieures de Cigales, de Bourdons, de Xylocopes, il semble que rien n'a été modifié ; les Insectes s'envolent vigoureusement, jusqu'à perte de vue ; ces diptères artificiels se fatiguent-ils plus vite que les autres ? C'est bien probable ; la diminution de la surface portante ne saurait rester sans effet.

Le vol en ligne droite, évidemment, n'est pas affecté par l'absence de coaptation ; les ailes ont des battements synchrones comme si elles étaient encore unies. Mais

les hamules ne sont pas moins des organes nécessaires, comme le montre l'observation suivante due à un apiculteur, le Dr R. Moreaux : dans une même colonie, Moreaux marque un certain nombre d'Abeilles normales et un nombre égal d'Abeilles n'ayant plus de coaptation ; les unes et les autres s'envolent pour butiner ; après un certain temps (6 à 13 minutes) les normales rentrent toutes à la ruche, tandis qu'il ne revient que la moitié ou même le quart des mutilées. Or, ces Abeilles allaient butiner dans un champ de Trèfle incarnat, à quelques 600 mètres en arrière et à gauche du rucher, de sorte qu'elles étaient obligées, pour regagner la planche d'envol, d'effectuer un virage ; Moreaux constata alors que les Abeilles opérées s'abattaient en grand nombre, au moment de se poser. Cela est très compréhensible : le mouvement de translation se ralentit alors, et l'Insecte, pour obtenir sa sustentation malgré la perte de vitesse, lui substitue un mouvement analogue à celui d'un hélicoptère alternatif, renversant son pas à chaque demi-battement, de façon à frapper l'air tantôt par sa face interne, tantôt par sa face dorsale ; les deux ailes, n'étant plus unies, doivent se disjoindre, ce qui retire au système hélicoptère une grande partie de son efficacité, d'où chute presque fatale. La coaptation des ailes est donc tout autre chose qu'une superfluité.

Rétinacles des Crustacés.

Un certain nombre de Crustacés Décapodes (Euphausiacés, Eucyphidés, Eryonide *Polycheles*, quelques Thalassinides) présentent à partir de la 2e paire de pléopodes un organe d'accrochage (rétinacle, appendice interne, stylamblys) ; c'est un petit prolongement cylindrique, inséré sur l'endopodite (fig. 40) qui porte à l'extrémité des crochets (*cincinnuli*) élargis au sommet.

Les rétinacles d'une même paire se touchent par leur bout distal, en dessinant un Λ, les crochets s'intriquant les uns dans les autres. Il semble que ce sont des sortes de régulateurs assurant pendant la natation le parallé-

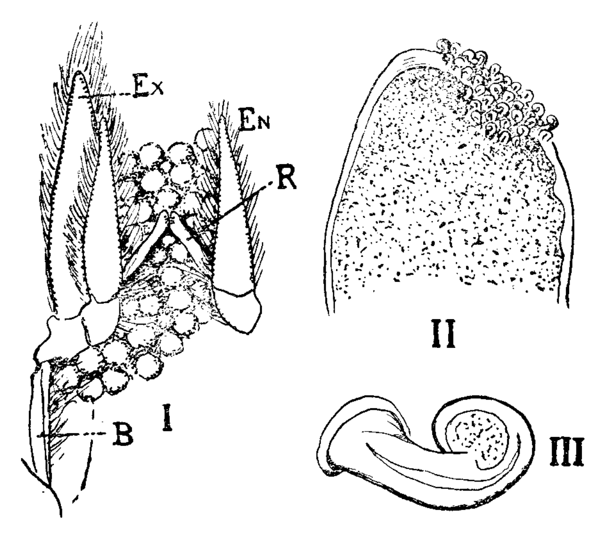


Fig. 40. — *Leander serratus*, femelle ovigère : I, 3e pléopode vu du côté ventral : *B*, basipodite dont les soies portent les œufs ; *En*, endopodite ; *Ex*, exopodite ; *R*, rétinacle. — II, extrémité du rétinacle portant les cincinnuli. — III, un crochet (cincinnulus), vu à un fort grossissement.

lisme des pléopodes de chaque paire ; chez les femelles ils passent au-dessous de la masse des œufs.

Autant que nous pouvons en juger, les rétinacles paraissent des organes de luxe, car ils manquent chez les Pénéides qui appartiennent comme les Eucyphidés à la catégorie des Nageurs.

Coaptations sexuelles.

On peut ranger dans la catégorie des coaptations tous les dispositifs qui permettent l'accouplement ; je ne mentionnerai qu'un cas particulier, observé par Chaboussou chez un Carabique américain, *Lebia grandis* (fig. 41) : les pattes mésothoraciques du mâle présentent une encoche vers l'extrémité distale du tibia, particularité qui n'existe pas chez la femelle ; dans les deux sexes, l'élytre porte sur sa face externe une petite arête saillante. Lors de l'accouplement, le mâle, grimpé sur le dos de la femelle, la tient embrassée avec ses pattes ; l'arête élytrale s'emboîte exactement, vers son milieu, dans l'encoche tibiale ; il en est ainsi durant toute la pariade ; si l'un des deux conjoints vient à bouger, les pattes du mâle coulissent légèrement le long des élytres de sa partenaire sans se décrocher ; la concordance des formes est parfaite.

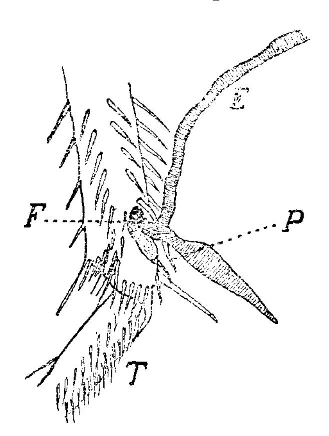


Fig. 41. — Coaptation de l'élytre de la femelle et du tibia du mâle pendant l'accouplement, *Lebia grandis* : E, coupe transverse de l'élytre dont l'arête externe est coaptée avec la fossette tibiale ; F, fossette du tibia mésothoracique ; P, poil plus long que les autres, en bordure de la fossette ; T, 1er article du tarse (d'après Chaboussou, *Revue fr. d'Entomol.*, 5, 1938).

Les boutons-pression.

Hémiptères. — Chez les Hémiptères aquatiques formant le groupe des Hydrocorises (Naucores, Nèpes,

Ranâtres, Bélostomes, Notonectes, Corises), les hémélytres sont attachés au thorax par un petit appareil que l'on peut comparer au bouton-pression, inventé vers 1886 par un fabricant de gants de Grenoble : le mésoépimérite porte un bouton saillant, revêtu d'une chitine épaisse, qui pénètre à frottement dur dans un logement creusé à la face inférieure de l'hémélytre, près de son bord externe (fig. 42); bouton et loge sont garnis,

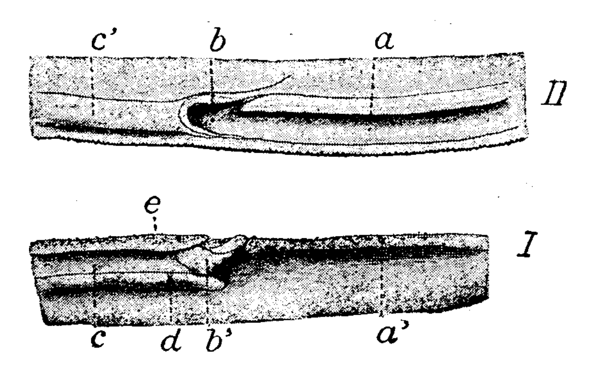


Fig. 42. — Coaptation du bord droit du mésothorax-abdomen avec l'hémélytre de *Nepa cinerea* ; I, le mésothorax-abdomen est vu du côté dorsal ; II. l'hémélytre est retourné et vu par sa face ventrale : *a*, rainure du bord hémélytral, formant logement pour le rebord abdominal *a'* ; *b*, logement du bouton-pression *b'* ; *c*, gouttière du thorax qui reçoit le renfort *c'* de la partie antérieure de l'hémélytre ; *d*, bordure du mésothorax ; *e*, épimérite mésothoracique, portant le bouton à son extrémité postérieure (Cuénot, *L'Adaptation*, 1925).

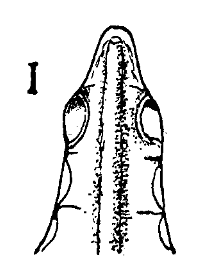
sur toute leur surface de contact, d'un pavage écailleux qui renforce encore l'adhérence ; quand on les sépare l'un de l'autre par une traction convenable, on entend un petit claquement caractéristique, exactement comme celui qu'on produit en défaisant un bouton de gant. L'appareil est propre à l'imago et n'apparaît qu'à la dernière mue, lorsque les hémélytres sont complètement développés ; lorsque l'Insecte, sorti de l'eau, s'apprête

à voler, il déboutonne préalablement ses hémélytres et il les agrafe à nouveau lorsqu'il se pose. Chez les Hydrocorises qui ont perdu la faculté du vol (bien qu'ils aient des ailes), l'attache est permanente pendant toute la vie. Enfin, le seul représentant terrestre du groupe des Hydrocorises (*Pelagonus*) n'a pas de bouton-pression.

La coaptation est certainement en rapport avec le mode de vie aquatique ; lorsque l'animal plonge, les hémélytres restent collés au corps par leur bord externe grâce au bouton ; d'autre part ils sont également coaptés l'un à l'autre sur la ligne médiane (voir Corset, p. 35) ; ils forment ainsi le plafond étanche d'une petite cavité où une certaine quantité d'air est emmagasinée pour être utilisée lors de la plongée. Une Notonecte opérée de ses deux boutons manifeste une gêne réelle pendant les premières heures qui suivent l'opération ; la plongée est lente, très saccadée, et il y a rejet anormal de grosses bulles d'air ; mais l'Insecte ne tarde pas à compenser le défaut d'adhérence, sans doute par un effort musculaire ; il ne diffère guère d'un témoin, à cela près qu'il remonte plus fréquemment à la surface, vraisemblablement pour refaire sa provision d'air.

Crabes. — On sait que l'abdomen des Crabes mâles est rigoureusement appliqué contre la face ventrale du céphalothorax, et qu'on ne peut le libérer qu'en introduisant latéralement une mince lame de scalpel et en soulevant. Il y a un appareil d'accrochage si parfait qu'il faut un effort notable pour disjoindre les deux parties ; quand il cède, on entend un déclic. L'organe est constitué : 1° par une fossette, creusée sur la face ventrale de l'abdomen, au bord de l'articulation du dernier segment avec le telson, et entourée d'un bourrelet chitineux en fer-à-cheval ouvert vers l'avant (quand l'abdomen est rejeté en arrière) ; 2° par un mamelon lisse ou denté, développé sur le sternum correspondant à la

2e patte ambulatoire, presque au bord de la cavité qui reçoit le triangle abdominal (fig. 43). Ce n'est pas tout à fait un bouton-pression dont les deux moitiés sont réunies par élasticité, mais plutôt un tenon s'engageant dans une cavité où il est maintenu par le tonus des muscles abdominaux. Le Crabe peut, lorsqu'on a défait la coaptation, accrocher à nouveau son abdomen, et il peut également le décrocher (au moment de la copulation) ; l'appareil n'existe que chez les mâles et les jeunes femelles, et il disparaît à peu près totalement chez les femelles mûres, lors de la mue de puberté. Un finaliste ne manquerait pas de dire que c'est en prévision de la ponte ; alors l'abdomen sera forcément séparé de la face ventrale par les volumineuses grappes d'œufs fixés sur les pléopodes ; un mécaniste rétorquera qu'il n'y a là aucune prévision ; l'accrochage devient impossible parce que la coïncidence des tenons et des fossettes est détruite par suite de l'élargissement et de l'allongement de l'abdomen chez la femelle à maturité ; mais le finaliste aura, je crois, le dernier mot, en faisant remarquer que *devançant* l'impossibilité de coaptation, fossettes et tenons ont disparu.



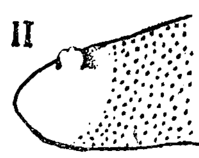


Fig. 43. – *Pisa Gibbsi* : I, abdomen vu par la face ventrale, montrant les deux logements des tenons thoraciques ; II, pièce gauche du sternum avec le tenon.

La Dromie, Brachyure considéré à bon droit comme primitif, présente un dispositif un peu différent ; sur l'abdomen, il n'y a pas de fossette, mais un uropode rudimentaire (ou 6e pléopode), non segmenté, coincé entre le dernier segment abdominal et le telson ; il vient buter contre une forte saillie poilue et dentelée, placée

sur le coxopodite du 2e appendice ambulatoire (fig. 44). Chez *Homola* et *Dorippe*, l'uropode a définitivement fait

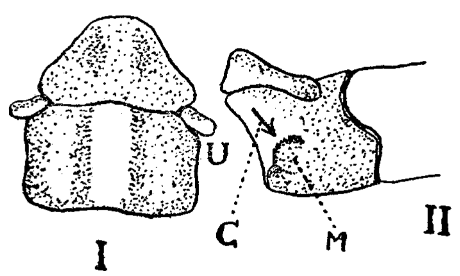


Fig. 44. — *Dromia vulgaris* : I, extrémité de l'abdomen vue par la face dorsale, montrant l'uropode U ; II, coxopodite de la 2e patte gauche ; C, flèche indiquant la cavité dans laquelle se place l'uropode lors de la coaptation, sous le mamelon M.

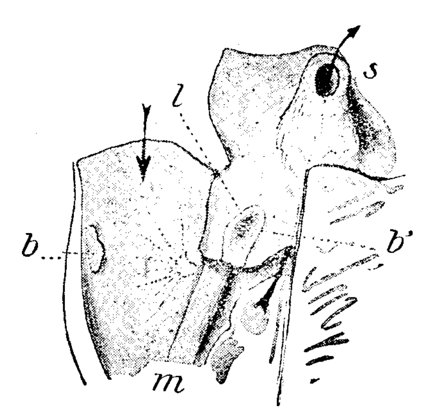


Fig. 45. — Bouton-pression de *Sepia officinalis* ; la paroi ventrale de la cavité palléale est coupée sur la ligne médiane et la moitié droite est rabattue pour montrer le bouton *b* et la boutonnière *b'* ; *l*, lèvre de la boutonnière ; *m*, muscle qui s'imsère en dessous de la boutonnière ; *s*, entonnoir. Les flèches indiquent le sens de la marche de l'eau quand elle entre dans la cavité palléale et sort par l'entonnoir (Cuénot, *L'Adaptation*, 1925).

place à une fossette ; la saillie se trouve chez *Dorippe* sur le sternum, au niveau du 3e appendice thoracique ; chez

Homola sur le segment de la grande pince. Enfin, l'appareil coaptatif n'existe pas chez les *Ocypoda*, *Uca*, *Corystes* et les Leucosiidés (*Ebalia*). On trouvera dans les mémoires de C. Pérez et de Max Kollmann de nombreux détails sur la coaptation de l'abdomen des Crabes.

Céphalopodes. — Chez les Céphalopodes bons nageurs du type Seiche, l'entonnoir qui coiffe la cavité palléale est attaché à la paroi interne de celle-ci par deux boutons-pression, constitués de la façon suivante (fig. 45) : le bouton saillant se trouve sur la face interne du manteau ; c'est un tubercule cartilagineux, de consistance ferme ; la cavité correspondante est placée vers le bord inférieur, ventral, de l'entonnoir : c'est une profonde

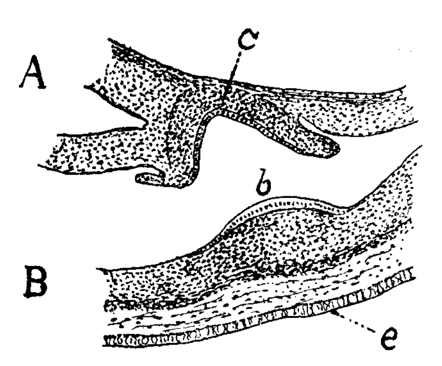


Fig. 46. — Coupe transverse d'un jeune embryon de *Sepia Fillouxi*, montrant les deux parties A et B du bouton-pression (dans la préparation, elles ne sont pas en face l'une de l'autre ; une douzaine de coupes les séparent) ; *b*, bouton ; *c*, futur cartilage de la fossette de l'entonnoir ; *e*, épiderme de la face ventrale.

fossette, entourée d'une large lèvre cartilagineuse. Les deux parties se développent chez l'embryon *indépendamment* l'une de l'autre, et même en des points assez éloignés (fig. 46) ; puis elles se rapprochent, arrivent au

contact et l'accrochage se fait ; il est permanent pendant toute la vie, et ne cesse, par relâchement des tissus, que lorsque l'animal est mourant. Cette coaptation joue un rôle important dans la nage à reculons ; grâce à la fermeture exacte qu'elle réalise, l'eau de la cavité palléale ne peut s'échapper que par l'entonnoir lorsque la Seiche la rejette avec force ; par réaction, l'animal est projeté en arrière. Chez les Calmars et Sépioles, excellents nageurs, le bouton est une crête étroite et régulière et la fossette a bien entendu une forme correspondante ; chez l'Argonaute (Octopode), pélagique actif, l'accrochage est très solide et persiste chez les animaux conservés en collection. Les Octopodes, animaux sédentaires, nageant plus rarement que les Décapodes, ont un appareil moins bien développé et de constitution un peu différente ; ce sont plutôt deux crochets inverses qui se coaptent.

Au sujet de la formation de la coaptation, Marmet a émis l'idée que la boutonnière pourrait bien avoir été originellement une ventouse (on sait que l'entonnoir fait partie du système pédieux, comme les bras) ; exerçant une succion sur le manteau placé en face, elle aurait déterminé la production d'une saillie (caractère acquis !) qui se serait inscrite dans le patrimoine héréditaire. Pour bien des raisons, cette hypothèse lamarckienne ne paraît pas vraisemblable.

Les pattes ravisseuses.

La patte ravisseuse, modifiée pour servir à la préhension, a plus ou moins perdu la fonction locomotrice qu'elle devait avoir autrefois ; elle fournit d'excellents exemples de coaptation. Je ne parlerai que du type couteau pliant, présenté par des Crustacés (*Squilla*) et divers Insectes : les Mantes, l'Hémérobiide *Mantispa*,

un grand nombre d'Hétéroptères aquatiques, le Réduvide *Esema*, quelques Diptères (*Ochthera mantis* et autres).

Les pattes ravisseuses des Nèpes (pattes prothoraciques) sont toujours fermées à l'état de repos (fig. 47) à la manière d'un couteau de poche, la partie correspondant à la lame (tibia + tarse) s'appliquant d'une façon exacte sur la partie correspondant au manche (fémur), les courbures de l'une et de l'autre s'épousant parfaitement ; le fémur est creusé d'une forte gouttière qu'on voit bien en coupe transversale ; le tibia est posé sur les bords de cette rainure dans la uelle il s'enfonce de plus en plus à mesure que l'on s'éloigne de l'articulation fémoro-tibiale, le tarse en forme de griffe ayant un logement spécial vers la base du fémur, au dessus d'un petit mamelon. Les bords des rainures fémorale et tibiale portent une brosse de poils serrés, peut-être sensoriels, plus grands et plus forts que les autres poils du membre. Quand la Nèpe se déplace, elle tient fermées ses pattes ravisseuses et ne marche, assez lourdement du reste, qu'avec les deux autres paires de pattes ; parfois, lorsqu'elle grimpe après une tige aquatique (fig. 14, p. 73), elle ouvre ses pattes ravisseuses et

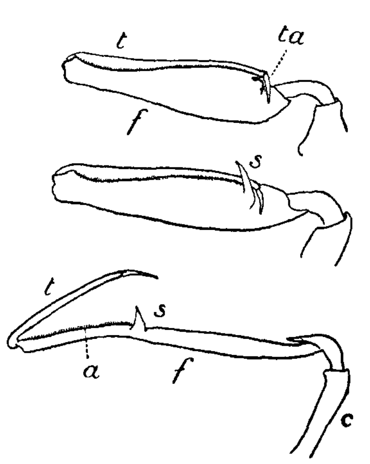


Fig. 47. — De haut en bas, patte antérieure gauche (ravisseuse) de *Nepa cinerea, Laccotrephes* (Afrique), *Ranatra linearis* : *a*, avenue de poils bordant la gouttière où se couche le tibia quand la patte se ferme ; *c*, coxa ; *f*, fémur portant chez *Nepa* un manchon à peine distinct et chez les deux autres un éperon *s* ; *t*, tibia ; *ta*, tarse (Cuénot, *L'Adaptation*, 1925).

embrasse avec elles la plante sur laquelle elle se tient. Pour les voir fonctionner, il suffit d'approcher une Mouche tenue au bout d'une pince ; les pattes s'ouvrent et saisissent brusquement la proie qu'elles portent ensuite à l'appareil buccal de succion ou rostre.

Chez la Ranâtre, le tibia mesure un peu moins de la moitié de la longueur du fémur ; la rainure fémorale, garnie de poils courts, a exactement la même longueur que le tibia ; à l'extrémité proximale de la rainure, se

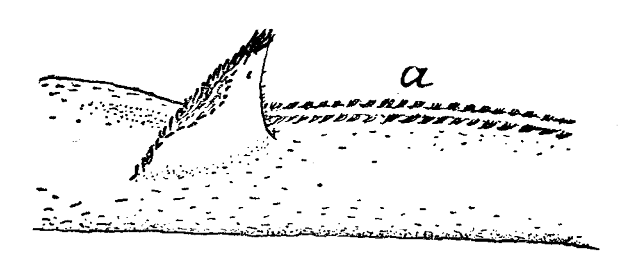


Fig. 48. — Eperon fémoral de la patte ravisseuse droite, *Ranatra linearis* : *a*, avenue de poils bordant la gouttière où se couche le tibia.

trouve une forte épine triangulaire, derrière laquelle passe le tarse uniarticulé qui se loge dans un petit creux ; cette épine a deux faces dissemblables ; celle qui est en contact avec le tibio-tarse lors du rabattement est extrêmement polie, comme une surface de glissement ; la face opposée et surtout le bord proximal (fig. 48) ont un revêtement de poils courts, robustes, à pointes obtuses.

Chez le Népide africain *Laccotrephes* qui ressemble beaucoup à notre Nèpe, mais en plus allongé, les pattes ravisseuses sont conformées comme celles de *Nepa cinerea* (fig. 47) ; à l'extrémité proximale de la rainure fémorale, on voit une forte épine analogue à celle de *Ranatra*.

Chez les grands Bélostomes, cosmopolites des régions chaudes, la patte ravisseuse (fig. 49), très robuste, rappelle celle de la Nèpe ; la surface supérieure du fémur présente deux sillons, dont l'un (*r*) est plus profond et mieux marqué que l'autre ; ces deux sillons sont nus, tandis que le reste est garni de poils drus ; c'est dans le sillon *r* qu'au repos s'enfonce le bord saillant du

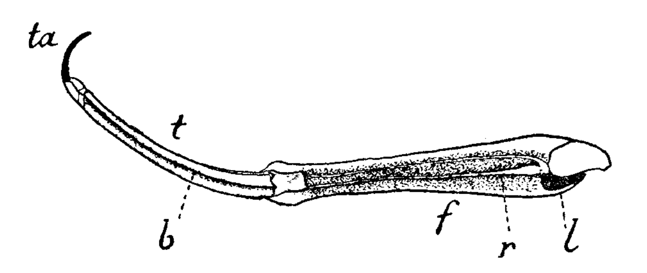


Fig. 49. — Patte ravisseuse gauche de *Belostoma* : *b*, bord saillant du tibia ; *f*, fémur ; *l*, logement pour la griffe tarsienne ; *r*, rainure profonde du fémur, logeant le saillant *b* lors du rabattement ; *t*, tibia ; *ta*, tarse.

tibia ; cela rappelle tout à fait ces écrins à rainures revêtues d'étoffe dans lesquels on range les couteaux de table que le frottement contre les poils de l'étoffe maintient convenablement en place. La griffe tarsienne a son logement spécial à la base du fémur.

L'étude du développement montre qu'on ne saurait invoquer des processus mécaniques pour expliquer la genèse de cette précise coaptation et du singulier éperon fémoral : chez l'embryon de Ranâtre le tibia et le fémur (fig. 50), étendus en droite ligne comme ceux des autres pattes, ne peuvent se mouler l'un sur l'autre, d'autant plus qu'ils sont enveloppés par la membrane choriale qui tombe à l'éclosion ; l'éperon apparaît déjà chez l'embryon (au point B de la figure ; il n'est pas visible parce qu'il se trouve sur la face intérieure). La

larve du premier stade, au sortir de l'œuf, après avoir rejeté la membrane embryonnaire, a des pattes ravisseuses organisées, prêtes à fonctionner ; l'éperon est bien développé et porte un bouquet de poils raides. Taquet d'arrêt ou glissière, il doit être un luxe, puisqu'il manque chez *Nepa* et *Belostoma*, ce qui écarte la solution darwinienne basée sur la sélection d'une conformation utile.

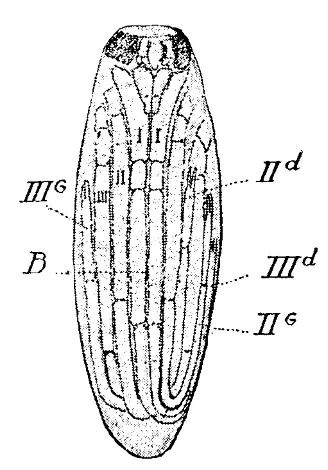


Fig. 50. — Embryon de *Ranatra linearis* encore dans l'œuf, vu par la face ventrale : I, II, III, II^d, III^d, II^g, III^g désignent les pattes de droite et de gauche, recourbées sur elles-mêmes et entremêlées : B, point où se trouve l'éperon fémoral (Cuénot, *L'Adaptation*, 1925).

La différenciation ravisseuse de la patte ne paraît pas être une nécessité ; en effet, s'il faut à un Insecte carnassier (1) quelque appareil de préhension près de la bouche pour saisir sa proie, nombre d'espèces se passent fort bien de membres spécialement modifiés et maintiennent leur capture

(1) Il est assez singulier que l'Insecte, cependant si varié dans ses formes et ses adaptations, ait eu très rarement recours, pour la préhension des proies, à la solution « pince », qu'ont si souvent adoptée des Arachnides (*Pterygotus*, Scorpions, Pseudo-Scorpions, etc.) et des Crustacés, chez lesquels on trouve rarement la solution « couteau pliant »; je ne connais que la pince assez médiocre qui termine la patte prothoracique de *Carcinocoris*, Géocorise Phymatide de l'Inde ; la pince a le doigt mobile constitué par le tibia, et la branche fixe par un prolongement du fémur ; il est à remarquer que les autres Phymatides ont des pattes ravisseuses du modèle couteau pliant.

Certainement les divers groupes ont une tendance innée à fabriquer un certain type de machine et non un autre pour remplir une fonction déterminée ; il y a une sorte de potentiel pour l'avenir, que l'on pourrait appeler potentiel inventif ou évolutif ; il est curieux de voir se développer à maintes reprises, dans l'immense série des Ongu-

avec des pattes ordinaires non transformées, et cela est aussi efficace ; des Hémiptères aquatiques, Notonectes et Corises, s'agrippent à leur proie avec les tarses des pattes antérieures ; d'autres Hémiptères terrestres, les Réduvides, prennent aussi les petits animaux avec leurs pattes antérieures, dont le tibia se rabat exactement contre le fémur, mais qui n'atteignent nullement la différenciation élevée que nous avons décrite chez les

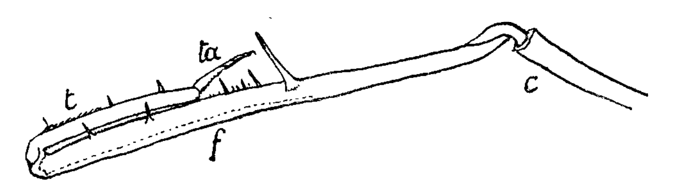


Fig. 51. — Patte prothoracique gauche (ravisseuse). *Esema brevipennis* (Texas) ; *c*, coxa ; *f*, fémur ; *t*, tibia ; *ta*, tarse.

Nèpes et les Ranâtres ; ce sont des appendices locomoteurs comme les autres, ce qui est plutôt un avantage qu'un inconvénient. La petite famille des *Longicoxi* (*Ploiaria* d'Europe, *Esema brevipennis* du Texas) qui par leur allongement ont un faux air de Ranâtre terrestre, présente des pattes ravisseuses différenciées (fig. 51) : le tibia et le tarse sont couchés tout du long à la surface

lés, des exostoses céphaliques, cornes ou bois, qui sortent des prémaxillaires, maxillaires, pariétaux, frontaux ou nasaux ; ces exostoses font défaut d'une façon presque totale aux autres Mammifères. Les Ongulés ont aussi tendance à acquérir des sabots, fort différents des griffes et des ongles. Pour comprendre cette disposition à faire des exostoses et des sabots, il faut admettre d'abord que les Ongulés ont eu lointainement un ancêtre commun (Créodonte ou Condylarthre), et qu'il y avait chez ce dernier un quelque chose qui a passé aux descendants, les prédisposant à développer des organes qui sont, non pas précisément homologues, mais homoplasiques.

Parmi les Echinodermes, les Astéries et les Oursins, en partant de piquants, ont fabriqué des pédicellaires notablement différents, indépendamment les uns des autres.

du fémur et maintenus en place par des piquants espacés insérés à droite et à gauche de la rainure fémorale.

*
* *

Je pense que si les pages précédentes laissent une impression dans l'esprit, celle-ci ne peut être que défavorable à une explication par le hasard tout court ou le hasard dirigé par la sélection ; les quelques organes que j'ai examinés (j'aurais pu multiplier les exemples) sont trop compliqués, trop bien organisés, trop efficaces, pour être l'œuvre du hasard pur ; n'étant pas indispensables, loin de là, et ne pouvant fonctionner que dans leur état parfait, ils n'ont pu donner prétexte à un choix sélectif. Ils nous apparaissent comme des œuvres d'artisan poursuivant un but, et le réalisant par une invention ; *c'est l'examen des plus petits détails, faits pour une fonction, qui prouve leur finalité* : un piquant droit qui s'accroche à des barbelures (*Bidens*) ; un poil courbe sur lequel doit être enfilé un morceau d'Algue a des barbelures écailleuses (Crabes qui s'habillent) ; des râpes ou des pavages revêtent des surfaces qui frottent ou s'engrènent (pattes des Pagures, coaptation d'ailes), etc.

L'outil ou la coaptation est contenu en puissance dans l'œuf fécondé qui donnera naissance à un organisme, exactement comme les autres organes, les instincts, le chimisme personnel, la couleur des cheveux et des yeux, etc. C'est un prodige étonnant que ces innombrables détails soient en dépôt à l'état potentiel dans cette cellule, de structure apparemment assez simple, mais cela ne nous étonne plus. Il a fallu à un moment donné qu'il y ait eu dans la cellule germinale quelque changement préludant à l'invention d'une nouveauté ; si cette modification n'est pas déterminée par le dehors, c'est-à-dire par un hasard quelconque,

elle ne peut l'être que par le dedans. Nous en arrivons donc à une conception que l'on qualifiera probablement de mythique, *en attribuant à la cellule germinale une sorte d'intelligence combinatrice, un pouvoir immanent équivalent à l'intentionnalité qui se trouve à la base de l'outil humain,* répondant au besoin par une création non pas parfaite, mais fonctionnelle du premier coup ; la cellule, dit von Uexküll, n'est pas une machine, mais un machiniste. Comment ne serait-on pas tenté par cette hypothèse, quand on constate l'identité entre la production humaine et celle de la Nature ? En quoi le filet-piège d'une larve d'Hydropsychide, tendu dans l'eau courante, et celui d'une Araignée, tendu dans l'air, diffèrent-ils du filet des pêcheurs et des chasseurs ? Un cristallin, par sa forme et sa parfaite transparence, n'est-il pas identique à la lentille biconvexe d'une loupe ou d'un appareil photographique ? L'aiguillon venimeux du Scorpion, la dent inoculatrice des Serpents venimeux, le tube injecteur de la larve de Sacculine, ne sont-ils pas d'admirables canules de Pravaz (fig. 56, p. 232) ? Etant donnés deux objets semblables dont l'un est sûrement le résultat d'une invention et d'une intention, l'autre ne peut pas être l'œuvre du pur hasard.

Mais, dira sans doute le mécaniste, comment pouvez-vous être assez.... métaphysicien pour attribuer à une cellule cette propriété exorbitante, remplaçant et même dépassant le travail d'un cerveau supérieur et d'adroites mains d'hommes ? Comment pouvez-vous croire au psychoïde d'une cellule germinale ? A cela le vitaliste pourra répondre : Je tiens l'action du hasard comme plus invraisemblable encore ; puisque vous acceptez la fonction inventrice du cerveau, ardoise sur laquelle s'inscrit l'Idée et d'où partent les ordres, pourquoi la refuser à d'autres cellules ? La cellule germinale, du reste, renferme en puissance tout le système nerveux

et toute l'organisation. Je vous ferai remarquer que nombre de naturalistes et de philosophes ont invoqué cet Esprit constructeur, auquel ils ont donné des noms variés : idée directrice (Claude Bernard), volonté de l'espèce (Schopenhauer), force plastique (Cournot), causalité du besoin (Goblot), impulsion formatrice immanente (Goebel), entéléchie (Driesch), élan vital (Bergson), vie créatrice de la forme (Brachet), Bauplan ou psychoïde (von Uexküll), psychée formatrice (Teilhard de Chardin), forme vivante de l'énergie (Brachet), hormé (von Monakow et Mourgue), idée organoformatrice (P. Vignon), conscience-énergie (Pierre-Jean), force créatrice (Vialleton), holisme (Smuts, A. Meyer), etc. On peut estimer que cet effort de compréhension n'aboutit qu'à des mots obscurs et creux ; il montre cependant qu'il y a quelque chose à comprendre.

ESSAIS DE PRÉVISIONS FINALISTES

Une théorie métaphysique comme celle de la finalité plus ou moins généralisée peut être soutenue par deux sortes d'arguments qui pour les sympathisants feront figure de preuves, pour les autres de difficultés à résoudre. Le premier ordre est celui de la vraisemblance, de la logique ; nous l'avons amplement développé dans la IVe Partie (yeux, callosités, plantes carnivores, organes d'accrochage, etc.) ; je sais que certains mécanistes ont jugé ces arguments assez forts pour en être troublés et même pour incliner à une acceptation plus ou moins réservée du finalisme (voir p. 56).

Le second ordre est celui des prévisions ; on en a fait maintes fois, non sans succès, et l'on continue à en faire lorsqu'on se propose de rechercher la fonction d'un organe dont la signification est encore inconnue (voir

p. 57) ; c'est évidemment un genre de preuve qui doit être manié avec une rigoureuse critique. En voici un exemple : divers animaux attirent l'attention par des colorations très vives et tranchées ; ils ne cherchent nullement à se dissimuler et s'exposent même en pleine lumière comme s'ils n'avaient rien à redouter : on peut citer les Chrysoméliens à élytres rouges du type *Melasoma populi*, les Punaises des Bois ((*Pyrrhocoris apterus*) et les Zygènes, rouges et noires, les Grenouilles-arlequins (*Dendrobates*) de l'Amérique tropicale, le Crabe *Sesarma Meinerti*, aux pinces rouges et à la carapace violet foncé, etc. Comme on peut s'y attendre, ces espèces sont à peu près indemnes d'attaques, soit en raison d'un goût désagréable qui les rend incomestibles, soit parce qu'elles possèdent des défenses suffisantes ; G. Kerr raconte qu'un *Cariama* apprivoisé de l'Amérique du Sud, dont les grenouilles étaient la nourriture favorite, s'écartait constamment du petit Crapaud *Atelopus*, remarquable par ses brillants dessins orangés ; au Nicaragua, Belt trouva une petite grenouille splendidement vêtue d'une livrée rouge et bleue (1), qui ne songeait nullement à se cacher et qui abondait dans le pays ; cette combinaison de caractères le convainquit immédiatement de la non-comestibilité de l'animal ; il prit quelques exemplaires qu'il donna à ses poules et à ses canards ; aucun d'eux n'y voulut toucher ; un caneton, cependant, saisit l'une de ces petites grenouilles, mais il se hâta de la rejeter, s'en allant ensuite en secouant la tête comme s'il eût voulu se débarrasser d'un goût désagréable. Jadis Wallace a émis l'hypothèse finaliste que les vives couleurs avaient été développées *pour* l'avantage de leurs possesseurs ; en effet, il est probable que les prédateurs apprennent, par des essais effectués dans le jeune âge et renouvelés de temps

(1) Sans doute un *Dendrobates*.

en temps, que certaines espèces sont comestibles et que d'autres ne le sont pas ; les non-comestibles retirent donc un certain profit de leurs couleurs voyantes et contrastées bien reconnaissables ; n'étant pas confondues avec les espèces voisines comestibles, elles évitent un coup de bec ou de dent, inutile mais néanmoins dangereux : c'est une *coloration avertissante* ou *prémonitrice* ; Portier la compare à l'étiquette rouge que les pharmaciens collent sur les bouteilles renfermant des produits toxiques.

Mais si l'on poursuit l'enquête, on s'aperçoit vite qu'il n'y a pas de relation obligatoire entre les moyens de défense et les couleurs voyantes : beaucoup d'espèces très bien défendues sont de teinte terne ou indifférente : la Torpille, le Crapaud, la Vipère, les Pentatomes verts ou gris ; d'autres, comme les *Elaps* aux couleurs contrastées par anneaux, sont mangées par les Dindons et les Pécaris qui les déterrent, car ces Serpents si voyants vivent cachés dans la mousse, les racines, les nids de Termites et ne sortent que la nuit ; les Poissons des récifs madréporiques, qui ont les plus belles couleurs et les marques les plus visibles que l'on puisse imaginer, sont parfaitement comestibles pour les Poissons carnassiers des environs, et fuient à la moindre alerte dans les anfractuosités des madrépores. En somme, l'hypothèse finaliste de la couleur avertissante s'écroule en partie ; il ne paraît pas que les teintes et marques criardes ont été développées dans un but avantageux *pour* leur possesseur ; tout ce que l'on peut dire, c'est qu'il y a des formes, comestibles ou non, qui sont suffisamment protégées par un mode de vie caché, des moyens de fuite rapides, des odeurs repoussantes, un goût désagréable ou une cuirasse sans défaut ; elles maintiennent leur équilibre ; ce sont les seules qui peuvent se permettre des couleurs voyantes ; celles-ci ne sont pas précisément utiles, mais n'ont pas non plus grands inconvénients.

Nous aurons peut-être plus de succès avec un autre ordre de prévisions : les animaux qui vivent dans des coques ou coquilles, empruntées ou fabriquées, indépendantes de leur corps, doivent posséder (raisonnement finaliste !) des organes d'accrochage à leur abri, plus ou moins analogues à ceux du Pagure (voir p. 169). Si cette prévision se vérifie, elle démontrera le fait d'une dépendance entre l'habitat et la particularité anatomique, qui s'expliquerait difficilement par une mutation de hasard.

Il est bien connu que les larves de Phryganes portent à l'extrémité de l'abdomen deux appendices mobiles,

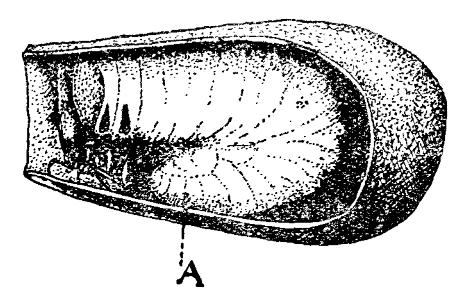


Fig. 52. — Larve de *Clythra* dans sa coque à demi sectionnée (longueur coque = 12 mm) : A, région épineuse accrochant la larve dans sa coque.

portant de fortes griffes, qui servent à accrocher l'animal au fond de son fourreau, comme des uropodes de Bernards-l'ermite. — E. L. Bouvier a décrit un Isopode de Cuba (*Pagurotanaïs Bouryi*) qui habite une coquille de *Planaxis* ; il a un abdomen mou, mais segmenté, tordu dans le sens de la spire, sans appendices sauf les uropodes ; les pattes thoraciques des cinq dernières paires présentent des râpes écailleuses rappelant tout à fait celles des uropodes des Pagures.

La larve du petit Chrysomélien *Clythra* vit dans une coque ovoïde, ouverte à l'un des bouts, renflé à l'autre, qu'elle édifie avec ses excréments (fig. 52); par l'ouverture passent la tête et les pattes quand l'animal marche en traînant son abri; l'abdomen est recourbé sur lui-même. Puisque la larve vit dans cet abri qu'elle ne quitte jamais, j'ai pensé qu'elle devait posséder un dispositif d'accrochage passif; en effet, une

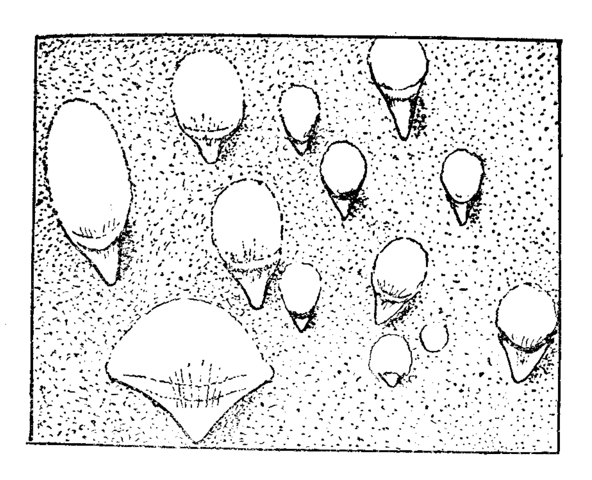


Fig. 53. — Râpe d'accrochage, écusson préanal de la larve de *Clythra*, à un fort grossissement.

large plaque chitineuse, formée par les tergites des derniers anneaux abdominaux, est recouverte de très petits piquants (fig. 53), alors qu'il n'y en a pas sur le reste du corps; cette sorte de râpe s'appuie sur la face interne de la coque et assure ainsi l'adhérence de celle-ci et du corps.

J'ai encore examiné une chenille de Psychide (*Fumea casta*) et une de Talaeporide (*Talaeporia tubulosa*), qui

toutes deux habitent un fourreau rappelant un peu celui des larves de Phryganes ; outre les fausses pattes, j'ai trouvé à l'extrémité postérieure une aire adhésive recouverte de rangées d'écailles pointues.

Autre exemple : j'ai étudié la larve apode d'un Hyménoptère Ichneumonide (*Paniscus*) (1), parasite externe de la chenille de *Dicranura vinula* ; les œufs de l'Ichneumon sont fixés solidement aux téguments de l'hôte ; lors de l'éclosion, la coque se fend, comme une graine qui germe, le long du bord correspondant à la face ventrale de la larve ; par l'ouverture ainsi produite, le parasite passe la tête et les premiers anneaux ; courbé légèrement en arc, il peut atteindre la peau de la chenille qu'il perfore avec ses mandibules aiguës ; sans doute il absorbe le sang qui s'écoule des blessures. La larve grandit vite en restant toujours fixée au fond de la coque par son extrémité postérieure ; elle ne se libère qu'à la mort de son hôte, ou lors de la mise en cocon si la chenille a pu arriver jusqu'à ce stade. Il est donc essentiel que la larve de *Paniscus* « tienne » bien dans sa coque qui lui sert de point d'appui pour ses propres mouvements, afin de ne pas être projetée au dehors lors des contractions violentes de la chenille.

Dans un état d'esprit finaliste, j'ai recherché sur la larve de *Paniscus* un appareil d'accrochage passif à l'extrémité de l'abdomen. En effet, alors que la cuticule larvaire du corps porte de petits tubercules mousses, un manchon préanal est recouvert de piquants serrés et rabattus, leur pointe étant tournée vers l'avant ; la surface interne de la coque est assez irrégulière et accroche les piquants du lobe préanal, de sorte que la larve est mécaniquement maintenue dans son abri ; ses propres mues laissent en place la région de coaptation.

(1) Il paraît que le genre *Paniscus* des auteurs doit s'appeler maintenant *Netelia* Gray 1860 [voir Townes H. K., The nearctic species of Netelia (Paniscus of authors), etc., *Lloydia*, 1, 1938, 168].

Mais il faut aussi que l'œuf soit solidement fixé à la peau pour que les mouvements de la chenille ne déterminent pas sa chute, et aussi pour qu'il reste en place si une mue survient pendant le développement du parasite ; on sait que d'habitude les mues des Arthropodes produisent un nettoyage complet de la cuticule. Toujours dans un état d'esprit finaliste, je prévoyais avant tout examen que l'œuf devait avoir un appareil spécial de fixation. C'est effectivement ce que l'on constate : l'œuf présente un long pédicule chitineux (fig. 54),

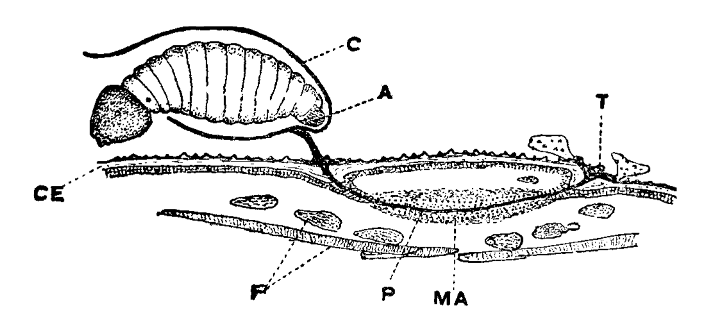


Fig. 54. — Figure semi-schématique montrant la fixation de la larve de *Paniscus* sur la chenille de *Dicranura vinula* : A, mamelon préanal accrochant la larve au fond de la coque C ; CE, cuticule et épiderme de la chenille ; F, faisceaux musculaires ; MA, manchon de phagocytes autour du pédicule intra-cavitaire P ; T, tampon terminal avec fragments de cuticule muée (Cuénot, *Livre jubilaire Bouvier*, 1936).

dont une très petite partie extérieure s'étend, entre la base de la coque et la cuticule ; le reste pénètre sous la peau de la chenille, passe en séton dans la cavité du corps et après un trajet rectiligne ou ondulé, traverse à nouveau l'épiderme et la cuticule ; il se termine à la surface externe par un amas irrégulier de chitine, sorte de tampon d'arrêt. Cette curieuse fixation en séton est d'une solidité parfaite ; la mue de la chenille se produit sans décoller l'œuf du parasite, car j'ai vu plusieurs fois

des lambeaux de cuticule accrochés au tampon distal.

La femelle de *Paniscus*, lorsqu'elle dépose un œuf, doit donner un coup d'ovipositeur en séton, comme on le ferait avec une aiguille courbe, en ressortant de la peau de la chenille ; la chitine du tampon d'arrêt est alors déposée ; puis la tarière se retire, laissant derrière elle le filament et enfin déposant l'œuf en surface. Souvent le coup est manqué, c'est-à-dire que l'ovipositeur ne réussit pas à traverser la peau en séton ; aussi le pédicule, au lieu d'être tendu entre le point d'entrée et le tampon d'arrêt de la sortie, reste tout entier à l'intérieur du corps de la chenille, en dessinant une boucle plus ou moins régulière ; la fixation, du reste, paraît aussi solide que dans le cas de réussite parfaite.

* * *

En somme, sur six animaux habitant des coquilles ou des coques (Pagures, *Pagurotanaïs*, larve de *Clythra*, chenilles de *Fumea* et de *Talaeporia*, larve de *Paniscus*), la prévision, basée sur un raisonnement finaliste, se vérifie ; l'existence de surfaces râpeuses était connue chez les deux premiers, mais elle était bien probablement ignorée chez les larves d'Insectes ; lorsque le microscope m'a montré la présence d'une zone d'écailles à l'endroit logique, je ne puis pas dire que j'ai été surpris, puisque je le prévoyais, mais j'ai été convaincu une fois de plus de la valeur heuristique du finalisme. Les crampons terminaux ont été rencontrés deux fois (Pagures, larves de Phryganes).

Il y a bien d'autres sujets qui pourraient se prêter à des prévisions : par exemple, les Pous *Pediculus* et *Phthirus*, parasites exclusifs de Primates, doivent avoir un moyen de s'attacher solidement aux poils, pour se maintenir en dépit des mouvements ou des réactions de l'hôte. Or, on connaît l'appareil réalisé par l'extré-

mité des pattes ; la grande griffe courbe qui termine le tarse s'oppose à un éperon du tibia (aux trois paires de pattes chez *Pediculus*, aux 2e et 3e paires chez *Phthirus*), d[illegible] te[illegible] q[illegible]’[illegible]p[illegible]è[illegible] exactement enserré par cette sorte de pince (fig. 55).

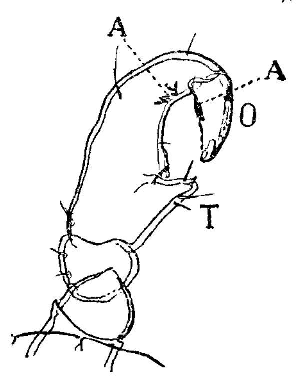


Fig. 55. — Extrémité de la 2e patte gauche de *Phthirus pubis*, vue du côté ventral : A, formations chitineuses assurant le serrage ; O, griffe terminale ; T, saillie tibiale.

Autre exemple qui me paraît particulièrement démonstratif: un certain nombre d'animaux injectent un poison dans le corps de leurs proies ou ennemis : ce sont les Serpents venimeux (dents de la mâchoire supérieure), les Scorpions (telson), les Aranéides (chélicères), les Chilopodes (forcipules). Logiquement, l'orifice de sortie ne doit pas être à l'extrémité de l'aiguillon, car il serait bouché par les tissus refoulés ; la pointe, pour bien pénétrer, doit être à la fois très fine et très solide ; or ces deux conditions (prévues !) sont réalisées très exactement dans tous les cas examinés : l'orifice (ou les deux orifices dans le telson du Scorpion) est toujours un peu en dessous de la pointe perforante (fig. 56). C'est le principe de la canule de Pravaz, que l'on retrouve encore dans le tube à orifice oblique au moyen duquel la larve de Sacculine injecte sa substance dans le corps d'un Crabe.

On sait que la larve de Dytique a des mandibules creuses, renfermant un canal qui débouche d'une part à l'extrémité distale aiguë, d'autre part dans la bouche complètement close ; la larve injecte dans la proie qu'elle vient de saisir un liquide noir qui a un extraordinaire pouvoir désagrégeant ou dissolvant ; les organes

de la proie tombent en deliquium, lequel est aspiré par le même canal mandibulaire. Or, l'orifice distal est cette fois encore perforé au-dessous de la pointe de la mandibule ; comme dans les aiguillons venimeux, l'orifice est un peu éloigné de la pointe, ce qui lui permet d'être assez grand pour donner issue à une quantité

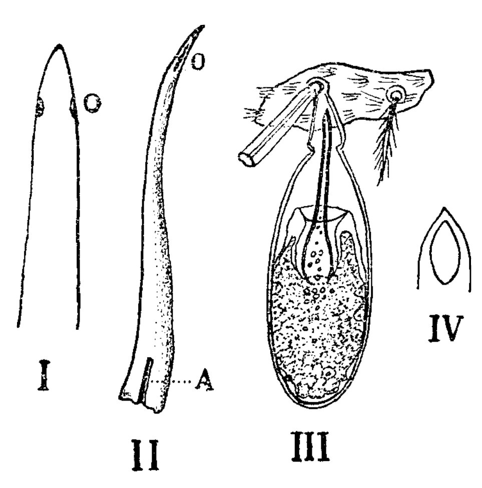


Fig. 56. — Aiguillons inoculateurs : I, pointe du telson d'un Scorpion (*Buthus occitanus*) montrant les deux orifices O des glandes venimeuses. — II, crochet à venin d'un Crotalide (*Bothrops*) vu par la face postérieure : A, entrée du conduit de la glande venimeuse ; O, orifice sub-terminal. — III, larve de *Sacculina carcini*, accrochée par son antenne à un poil de Crabe, ayant développé la canule inoculatrice (d'après Delage, *Arch. Zool. exp.*, 1884). — IV, extrémité de la canule de Sacculine.

notable de liquide, sans affaiblir la solidité de la partie perforante. Il y a exactement les mêmes dispositifs chez la larve de Lampyre, qui se nourrit de Mollusques.

On se rend compte, une fois de plus, de l'impuissance complète du darwinisme ou du mutationnisme, c'est-à-dire du hasard biologique, lorsqu'il s'agit d'expliquer la genèse de conformations aussi logiques et

aussi adéquates aux besoins. Je ne veux pas dire que les deux grandes théories sont entièrement périmées, loin de là ; l'une et l'autre laissent derrière elles de précieuses acquisitions : la sélection existe, comme le montrent bien les compétitions entre écotypes ou espèces, et le choix des préadaptés lors d'un peuplement (p 104) ; la mutation reste le mode courant de la variation aveugle. Mais ce sont des théories *incomplètes* ; il paraît indispensable d'y ajouter un facteur téléologique d'invention et de réalisation, immanent à la Vie (voir p. 221). On lui reprochera, évidemment, d'être extra-scientifique ; et quand cela serait ? La science est-elle si sûre de ses limites du côté nouménal ?

QUELQUES CRITIQUES.

Les suggestions à tendance anti-mécaniste que j'ai exposées dans diverses publications ont été l'objet d'une critique serrée et courtoise de la part d'un phénoméniste positiviste, Matisse ; il est intéressant d'examiner ses arguments. C'est la thèse du pur monisme matérialiste ou mécanisme universel.

Comme il est naturel, les définitions préliminaires sont inspirées par les conclusions : Matisse restreint le sens du mot *invention* à l'œuvre réfléchie d'un cerveau humain bien organisé, et n'applique l'adjectif *finalisé* qu'à l'outil créé par l'Homme pour une fin prévue ; en conséquence, il nie qu'on ait le droit de parler d'invention et de finalité en dehors de l'action humaine. C'est une opinion.

Mes définitions reposent sur une base différente (voir p. 27, 40) : je considère, non pas le processus cérébral, mais le but *évidemment* atteint ; il y a une *finalité de fait* ou *de réalisation* dans un œil ou un bouton-pression, et une *invention vitale* ou *biologique* dans un organe

nouveau qui apparaît à l'intérieur d'une lignée où il n'existait pas auparavant. C'est une autre opinion.

L'analyse du mot hasard amène Matisse à classer les événements en trois classes : 1° ceux en rapport avec le pur hasard de la définition de Cournot (chute d'une tuile, coïncidences) ; 2° les ensembles collectifs, comme les jeux de hasard auxquels s'appliquent la loi des grands nombres et le calcul des probabilités ; 3° les phénomènes orientés, ordonnés ou systématisés, régis par des lois scientifiques qui lient les conditions premières au résultat final (cours des astres, réflexion et réfraction de la lumière, réactions chimiques, etc.).

Pour Matisse, lorsqu'une invention biologique rappelle plus ou moins exactement une invention humaine, c'est *par hasard* ; cette coïncidence est du même ordre que la ressemblance d'une tête d'Hippocampe avec celle d'un Cheval, ou celle d'un mufle de Fulgore avec une tête d'Alligator.

Pour ma part, j'ai défini strictement le hasard biologique comme *absence de la finalité de fait* ; or, les ressemblances signalées plus haut n'ayant aucune espèce de finalité, pas plus que la pseudo-copie d'une forme animale par un rocher érodé, je trouve raisonnable de les attribuer au hasard, sans plus ; d'ailleurs une tête d'Hippocampe n'a que grossièrement l'aspect d'une tête de Cheval ; c'est une stylisation née dans notre imagination ; et il faut une énorme dose de bonne volonté pour admettre que le mufle de la petite Fulgore suggère la tête du gros Alligator. Mais je n'accepte pas que la ressemblance entre outil humain et outil végétal ou animal soit de même ordre, car leur analogie est précise et repose sur une base *fonctionnelle* : les ventouses des bras des Céphalopodes, de la tête des Ténias, du corps des Trématodes et des Sangsues, du ventre des larves de Blépharocérides, sont bien des ventouses, qui adhèrent ; une pince de Crabe est bien une pince qui

saisit ; un cristallin est bien une lentille qui réfracte ; une bractée de Bardane est bien un hameçon qui accroche.

Les phénomènes ordonnés ont une cause *systématique orientante*, c'est-à-dire sont produits par les forces inhérentes à la matière et à l'énergie, qui construisent des systèmes structurés, offrant ou non une forme régulière : « L'Univers physique, dit Matisse, a inventé (1) les molécules chimiques, les systèmes planétaires, les nébuleuses spirales, les cristaux, les micelles colloïdales, les virus filtrants, les plantes, les animaux. Chez les vivants, les dispositifs somatiques résultent de facteurs internes (hormones) et externes ; ce sont des protubérances, des fossettes, des proliférations dermo-épidermiques ou chitineuses... ; ces organes peuvent être utiles, nuisibles ou indifférents pour les individus ; mais ils n'ont pas été construits *en vue* du résultat auquel l'animal les fait servir quand ils sont utilisables ; l'utilité est une circonstance étrangère, sans action sur la genèse de l'organisme ; quand les productions sont par trop nocives, l'individu ou l'espèce disparaît. »

Matisse sépare nettement le hasard de la cause systématique orientante, car il dit expressément, au sujet des « inventions » de l'Univers physique : « ... puisque ce n'est pas le *hasard* qui les organise et leur imprime une forme définie (mais des interactions), faut-il conclure qu'ils révèlent l'intervention d'une mystérieuse intelligence ? » (*La question de la finalité*, II, p. 63). Et ailleurs : « Il est très vraisemblable que la formation d'yeux fonctionnels ne peut s'expliquer par le hasard » (*L'arrangement de l'Univers*, etc., p. 207). Enfin, faisant allusion aux phénomènes ordonnés présentés par les êtres vi-

(1) Matisse me paraît avoir oublié sa définition de l'invention, à moins que le mot « inventé » soit ici quelque peu ironique.

vants, qui nous paraissent comme l'exécution d'une idée raisonnable, il écrit cette phrase remarquable (p. 196) : «... on peut découvrir, si on le veut, une sorte de téléologie partielle et imparfaite dans la nature, émanée de la constitution de l'Univers et des proportions numériques de ses éléments qualitatifs et phénoménaux. » Je suppose que cette phrase n'a pas échappé à la plume ; en ce cas, elle contredit singulièrement la doctrine positiviste de l'auteur.

Il me paraît qu'il n'y a que deux conceptions possibles : 1° l'universel hasard, sans dessein ni direction ; la finalité de réalisation, reconnaissable par le but atteint, ne peut résulter que du jeu des forces aveugles de la Nature ; c'est une opinion défendable, qui rend compte entre autres de l'atélie et de la dystélie ; mais alors le langage biologique devrait bien se corriger, pour ne pas laisser rentrer le finalisme par la porte basse.

2° Ou bien, il y a autre chose dans la Nature : une mystérieuse Intelligence dont les desseins et les directions se mêlent inextricablement avec les phénomènes relevant uniquement du hasard (voir p. 41, 48, 154) ; or, Matisse parle de phénomènes orientés, ordonnés, systématisés, voire d'une téléologie imparfaite de la Nature ; le finaliste modéré n'en demande pas beaucoup plus.

Je n'ai nullement l'intention d'exprimer une opinion finaliste ou autre touchant le système planétaire, la composition de l'atome ou les micelles colloïdales ; je ne sais pas du tout si l'évolution de l'Univers (y compris la Vie) suit un cours prédéterminé, comme une horloge qui serait montée une fois pour toutes. Je me suis attaché surtout à l'étude d'un problème restreint, celui de l'outil ou de la coaptation, sur lequel j'ai voulu attirer l'attention des biologistes et des philosophes ; c'est un sujet précis que l'esprit humain peut étreindre, sans se perdre dans les abîmes de la métaphysique.

Comme je l'ai dit à maintes reprises, le biologiste qui examine un outil ou une coaptation, est frappé par sa ressemblance avec une machine fabriquée par l'Homme : ressemblance non seulement de forme, ce qui pourrait être un hasard, mais surtout de fonctionnement ; des problèmes, dont nous connaissons mal les données, sont résolus dans la Nature avec une élégance, une sûreté et une richesse d'idées surprenantes. Comment un positiviste va-t-il interpréter de tels faits ? Nous allons le demander encore à Matisse, qui a justement consacré quelques lignes à l'une des plus typiques coaptations : « Les Abeilles ont, disséminés sur toute la surface des ailes, des poils chitineux. Ils ne servent à rien (au point de vue du vol). Ceux qui se trouvent placés aux bords contigus des ailes d'un même côté, toutefois, s'incurvent sous l'action d'une cause quelconque (petits chocs, frottements, vibrations, causes chimiques (?)), de sorte qu'ils s'accrochent à un léger pli de l'aile contiguë, rendant solidaires l'aile antérieure et l'aile postérieure. Il n'y a là aucune finalité. Chez beaucoup d'Insectes (les Libellules, par exemple), les ailes ne s'accrochent pas. Le vol s'effectue aussi bien » (*La question de la finalité*, II, p. 64.)

Si l'on veut bien comparer ce texte avec des figures de l'appareil hamulaire (p. 202), on se convaincra que le mécaniste, sans le vouloir, minimise à l'extrême la précision de la coaptation, parce qu'elle est évidemment embarrassante. Invoquer, comme le font Matisse et Rabaud, le peu d'utilité de ces petits organes pour rejeter l'idée de dessein, n'est pas un bon argument ; les expériences d'amputation prouvent seulement que telle coaptation n'a pas l'utilité immédiate qu'on lui attribuait — trop facilement — ; il paraît bien qu'elle a un rôle important dans certaines circonstances ; il faut avoir trop dans les périodes normales pour avoir assez dans les moments difficiles. Il est très vrai que les Libellules

n'ont pas d'appareil d'accrochage ; mais elles volent tout autrement que les autres Insectes, les quatre ailes alternant dans leur mouvement d'hélice ; les muscles moteurs ont une disposition particulière dans ce groupe primitif.

Matisse demande si les épines des Ronces, analogues aux fils barbelés, sont des outils inventés par la Nature ; pourquoi pas ? Si l'expérience démontre qu'elles ont une fonction, par exemple de protéger plus ou moins les Ronces contre la dent des herbivores, ce seront des outils très simples ; on sait que dans le bush sud-africain, par suite de l'action séculaire des hordes de Mammifères herbivores, il ne persiste guère que des plantes et même de petits arbres munis de piquants ou de griffes ; j'ai souvent été frappé, dans les friches de Lorraine où pâture le bétail, de la dominance de trois plantes épargnées : des Chardons, l'*Eryngium campestre*, l'*Ononis repens* sous-espèce *campestris*, toutes munies de forts piquants ; dans les herbages de Bretagne, broutés de près, restent en saillie sur l'herbe *Eryngium campestre*, l'Ajonc, le *Verbascum thapsus* (ce dernier très poilu) ; ailleurs, dans les prairies humides, abondent les pieds de Colchique, incomestible en raison de son amertume (alcaloïde très toxique : la colchicine) ; dans les prairies de montagnes, le *Veratrum album*, plante toxique, et la Gentiane amère sont de même délaissés par le bétail ; dans le massif du Mont-Dore, l'*Aconitum napellus* s'installe dans les « reposoirs » des pâturages où le bétail séjourne ; la terre est là abondamment fumée et l'Aconit, protégé par son alcaloïde, n'est pas brouté. Evidemment, c'est parce que ces plantes sont pourvues de piquants et de poisons qu'elles prospèrent dans les pâturages (préadaptation !) ; ce n'est pas parce qu'elles ont été broutées pendant des générations qu'elles ont acquis par sélection naturelle des épines ou des alcaloïdes (darwinisme).

Les Cactacées sont hérissées, comme chacun sait, de piquants lisses ou barbelés qui ont comme fin, autant qu'on peut le supposer, d'écarter les herbivores qui n'ont guère de choix dans les pays arides où poussent les *Cereus*, les *Mammillaria* et les *Opuntia* ; mais il est remarquable que les espèces grimpantes et épiphytes, *Phyllocactus* et *Rhipsalis*, perdent à l'état adulte leur armature défensive, comme si elle était devenue inutile, leur mode de vie les mettant à l'abri des attaques (1). La défense contre les herbivores n'est pas une illusion (2).

Enfin, Matisse « a peine à concevoir que la Pensée immanente du Monde, les Principes directeurs de l'Univers, l'Entéléchie, se livrent à ces petits jeux d'invention d'outils. Ces grandes entités spirituelles auraient-elles vraiment déployé tant d'ingéniosité et témoigné une sollicitude bien rare pour doter quelques Crabes, Insectes aquatiques, Mollusques et un Trématode insignifiant d'un appareil (3) qui ne leur procure qu'un mince avantage, alors qu'elles montrent tant d'imprévoyance, d'aveuglement, d'indifférence vis-à-vis des Vertébrés

(1) Sans doute, les épiphytes vivent dans un milieu plus humide et moins éclairé que les Cactacées à piquants des régions arides ; on sait bien que l'ombre et l'humidité inhibent la formation des épines chez une plante qui en possède beaucoup quand elle pousse dans l'air sec et en plein soleil : exemple de l'Ajonc *(Ulex europaeus)* ; mais la coïncidence entre l'habitat spécial et l'état inerme n'est pas moins frappante.

(2) Néanmoins, on doit constater une très grande variation dans l'armature des plantes « grasses » : Cactacées, Euphorbiacées, Asclépiadées *(Stapelia)* et Composées *(Kleinia)*. Les unes ont des piquants droits, plus ou moins longs et redoutables ; d'autres des épines barbelées, détachables au moindre contact, beaucoup plus efficaces comme défense ; les Composées, les Asclépiadées et beaucoup d'Euphorbiacées n'ont pas de piquants.

(3) Matisse fait ici allusion au bouton-pression qui attache l'abdomen du Crabe à la face ventrale du thorax, l'hémélytre des Hétéroptères au bord de l'abdomen, le manteau du Céphalopode à la base de l'entonnoir (voir p. 209), ainsi que les corps des deux *Diplozoon* associés.

supérieurs et de l'Homme lui-même, amenant parfois la mort des individus et la disparition des espèces ? » (*La question de la finalité*, II, p. 67). Mais cette critique n'est pas juste ; il y a de la finalité dans bien autre chose que dans le bouton-pression ; le vivant est tout entier finalité de fait, et peut-être aussi la Nature, si elle est biocentrique. Le Principe directeur de l'Univers est nécessairement inconcevable pour nous et nous ne pouvons juger son action à notre mesure. Il ne faut pas déplacer la question : entrevoit-on un mécanisme pur capable d'expliquer la genèse d'un bouton-pression, de l'appareil hamulaire ou d'une callosité ? Pour ma part, je n'en vois pas ; alors, négligeant toute interdiction dogmatique, j'ai recours à un pouvoir spirituel d'invention, immanent au vivant, qui agit sur la matière comme l'idée de l'artisan sur les matériaux qu'il utilise.

Toutes les coaptations anatomo-fonctionnelles semblent exiger le plan : l'aile de l'Insecte apparaît à un certain moment de l'évolution du groupe, puisque les Insectes les plus primitifs étaient aptères et le sont demeurés ; on peut concevoir que c'était au début une simple expansion latérale du corps, sac creux muni de trachées ; deux paires de ces expansions se sont démesurément agrandies pour constituer les ailes antérieures et postérieures. Se sont-elles développées d'un coup, avec les nervures qui leur donnent la rigidité nécessaire, et leur appareil musculaire et nerveux ? Ou ont-elles grandi par étapes marchant dans le même sens ? Je n'en sais rien ; mais dans les deux cas, l'idée de plan me paraît s'imposer. L'Oiseau qui vole peut le faire parce que mille détails concourent : pennes des ailes et de la queue, os pneumatiques, sacs aériens, bréchet et muscles pectoraux, arrangement des côtes, du cou, des pattes, de la colonne vertébrale, du bassin, accrochage automatique des barbules des plumes, etc. Matisse (II, p. 35)

pense que ces conditions sont accidentellement réunies et qu'il n'y a pas lieu de s'émerveiller du résultat, pas plus que des propriétés de l'atome d'oxygène ou de phosphore, manifestations d'une structure. Je préfère croire que l'Oiseau est fait *pour* voler.

CONCLUSION

Sans doute quelque lecteur, agacé par les arguments contradictoires de ce livre, ira tout de suite aux dernières pages pour trouver une conclusion ; je voudrais bien ne pas le décevoir complètement; j'exprimerai donc ma pensée aussi clairement que possible, pour autant qu'elle est claire.

Pour ne pas verser dans la logomachie, il importe de bien définir le hasard, l'ordre et la finalité : il y a *hasard* quand un événement, dont la prévisibilité est tout au plus statistique, est déterminé par la rencontre de causes auxquelles on ne peut attribuer ni but ni intention (jeux de hasard, coïncidences) ; il y a phénomène ordonné ou *non-hasard* quand la prévisibilité est plus ou moins parfaite (mouvements des corps célestes, réactions chimiques, déterminés par des lois immuables et précises) ; on parle de finalité, ou d'*anti-hasard* quand il y a poursuite d'un but (= fin) répondant à une Idée ; le seul exemple certain et palpable est celui d'un outil créé par l'Homme. A quoi reconnaît-on un outil d'Homme ? A ce que sa complexité a nécessité un plan, une invention préalable ; on sait que sa fabrication a été précédée par l'Idée d'une fonction à remplir ; les parties ont elles-mêmes une signification : telle pièce est un tenon, telle autre une mortaise ; elles concourent pour une part au fonctionnement du Tout. Je fais abstraction de ce qui peut être ornement.

Ceci posé, l'étude approfondie de la Nature vivante conduit à deux convictions différentes : 1° nombre de

faits relèvent du hasard, à commencer par la variation si, comme on le croit, elle est provoquée par la rencontre aléatoire d'un électron et d'un atome de chromosome ; la distribution des gènes chez les descendants d'un hétérozygote donne prise au calcul des probabilités ; une hybridation entre deux espèces végétales est due à une fécondation accidentelle et peut, si un autre hasard intervient, donner naissance à une espèce nouvelle ; le succès des formes tient à la nature favorable ou létale des mutations, et à l'occupation de places vides ; la dissémination et l'extinction sont en rapport avec des circonstances fortuites. Beaucoup de détails morphologiques rentrent dans la catégorie des faits de hasard : la forme d'un arbre est influencée par le vent ou le voisinage d'autres arbres, la pilosité d'une feuille par l'humidité ; la régénération commet parfois des erreurs ; les nombreuses atélies et dystélies, les monstres dont quelques-uns ont réussi à faire souche relèvent du hasard. — Les fonctionnements physiologiques sont ordonnés par des causes systématiques, réactions chimiques, transformations énergétiques, pesanteur, osmose, etc. — Sans aucun doute, beaucoup de phénomènes vitaux s'accommodent très bien d'une théorie mécaniste de la Vie.

2° D'autres faits certains suggèrent la croyance à une finalité intentionnelle : les mondes végétal et animal fournissent d'innombrables exemples d'outils fonctionnels, dont beaucoup sont exactement parallèles à des outils d'Homme ; en bonne logique, on doit admettre l'existence d'une finalité propre au vivant ; car il est *improbable* que les hasards des variations sans but ni dessein puissent aboutir à l'édification d'organes complexes, dont les parties et les minutieux détails sont agencés d'admirable façon. Tout se passe comme si l'œil était fait *pour* voir, l'aile *pour* voler, la glande mammaire *pour* nourrir les petits de Mammifères, la feuille

de Dionée *pour* capturer des Insectes, les crochets de la Bardane *pour* se fixer au pelage des animaux (voir p. 176, 194).

L'interpénétration de ces deux convictions choque évidemment l'esprit humain, très attaché à l'Unité, à un monisme radical, matérialiste ou théistique. Mais après tout ce ne serait pas la première fois que l'Homme accepterait des notions contradictoires pour comprendre un ensemble de faits : la relativité comporte d'inéluctables absurdités ; la théorie moderne de la physique admet pour la lumière le dualisme inconciliable mais complémentaire des quanta d'énergie ou photons et du train d'ondes associé ; nous savons très bien que nos actes mentaux sont déterminés par notre hérédité, notre éducation, le milieu où nous vivons et par des circonstances de hasard ; cependant nous avons le sentiment intime et indéracinable d'une liberté relative, au moins d'une possibilité de choisir ; aussi bien toute l'organisation sociale est fondée sur la notion de la liberté de décision, puisque l'on discute gravement sur le degré de responsabilité d'un criminel.

Acceptons pour un moment cette dualité, quelque troublante qu'elle soit : la partie mécaniste est simple, se démontre expérimentalement et dans un certain domaine satisfait complètement l'esprit ; tout se ramène, ou doit être ramené, à la matière, au mouvement et à l'espace qui le mesure. Mais la partie finaliste ? Parler de fin et de dessein comme pour une œuvre humaine, alors qu'on ne voit ni le cerveau, lieu d'apparition de l'invention, ni la main suprêmement habile qui traduisit l'Idée en acte, est une hardiesse singulière ; elle n'est admissible que si l'on croit à l'Anti-hasard universel.

Avec cette croyance sus-jacente aux faits, comment peut-on représenter la naissance et l'évolution du vivant ? Il est impossible d'admettre l'apparition subite, à un moment donné de l'histoire du globe, d'une con-

formation primordiale présentant d'un coup la somme des propriétés vitales : taille et forme définies, organisation hétérogène au point de vue physico-chimique, assimilation autotrophe, régulation, multiplication ; on est donc conduit à concevoir une production *graduelle* du vivant, *sans pouvoir dire exactement où il commence* ; la chaîne dimensionnelle ininterrompue entre les grosses molécules protéiques, les ultra-virus, les bactéries invisibles, les bactéries visibles et les Protistes, suggère invinciblement cette hypothèse (v. p. 91). A partir d'un certain stade, arbitrairement choisi, la Vie devient un processus *autonome*, comme l'exprime l'axiome de Guillaume Harvey (XVI[e] siècle) : *Omne vivum e vivo.* Nous lui attribuons, indépendamment de la légalité physico-chimique de son substratum matériel, une légalité spécifique, qui sera d'un ordre que nous appellerons finaliste, reconnaissable et définissable par ses effets, puisque tout paraît arrangé dans l'intérêt de la conservation et de la diversification de la Vie. Depuis des milliers de millénaires, le phénomène conscient ou sub-conscient du besoin détermine l'accomplissement des actes nécessaires au maintien de l'existence, tandis que les mirages du désir et de la volupté assurent sa transmission. Au cours de l'évolution, apparaissent de nouvelles formules organiques, qui s'épanouissent en groupes bientôt figés, relayant les groupes disparus et augmentant la somme totale de vie, en occupant des places peu ou point peuplées. Chaque type nouveau a un plan de structure, c'est-à-dire un arrangement coordonné de systèmes ou d'outils auxquels nous attribuons instinctivement une fonction, croyance finaliste qui s'est montrée d'une rare fécondité : c'est parce que l'on pensait que tout appareil devait avoir une fin que l'on a découvert les rôles d'organes restés longtemps énigmatiques, comme les glandes à sécrétion interne (voir p. 57). Mais s'il existe du fina-

lisé, il apparaît non moins clairement que bien des détails n'ont aucune fin propre que l'on puisse reconnaître; ils sont pour ainsi dire des résultats de la nécessité aveugle, qui parfois même ne laissent pas que d'être fâcheux ; il serait tout à fait vain de chercher une fin à l'arrangement des couleurs sur une aile de papillon, à une chétotaxie, à une plus ou moins grande concentration de système nerveux, à une banale morphologie florale ou à une forme de feuille ; hypertélies, atélies et monstruosités ne peuvent aucunement être interprétées en termes de finalité.

En résumé, l'examen des faits conduit à admettre un finalisme mitigé, restreint ou intermittent, se traduisant par l'invention perfectible ; il est plus séduisant, à mon avis, que le mécanisme radical qui attribue au hasard pur la genèse de l'Oiseau, de l'œil ou du cerveau humain. Mais je me rends parfaitement compte des imperfections du système, de son illogisme et surtout de sa timidité métaphysique. Parler de plan, d'idée, de dessein, de fin, c'est provoquer immédiatement des questions embarrassantes : qui a eu l'idée, qui a dessiné le plan, qui a poursuivi la fin ? Ou en d'autres termes, comment ne pas rapporter l'invention à une Puissance transcendante, sorte de Volonté ou d'Intelligence guidant la Nature, en agissant sous le voile des causes secondes ? Questions qui sont forcément d'allure anthropomorphique, questions auxquelles on reprochera d'être fallacieuses, puisque leur forme même fait prévoir une certaine réponse. S'il y a des fins que l'on doit considérer comme intentionnelles en raison de leur perfection, comment cela peut-il se concilier avec l'intervention continuelle du hasard ? Et pourquoi des fins ? Problèmes de haute métaphysique auxquels l'on ne peut songer sans inquiétude, à moins de s'enfermer dans la négation absolue ou l'agnosticisme ironique.

Aussi bien je n'ai voulu écrire qu'un livre de Biologie,

sans trop regarder les lointains horizons que l'Homme a peuplés de mirages métaphysiques. Je ne me fais aucune illusion sur la conversion au vitalisme des biologistes mécanistes dont la conviction est incurable ; j'espère cependant que ce travail, longuement médité, pourra être de quelque utilité en attirant l'attention sur les difficultés graves des explications biologiques courantes ; il ne sert à rien de les dissimuler. Il m'a toujours paru présomptueux d'emprisonner dès maintenant l'Univers, la Vie, l'Homme, dans le cadre rigide et définitif d'un déterminisme aveugle et sans dessein, alors que la science évoque à chacun de ses pas les mystères qui nous entourent, ceux de la Durée, de l'Espace infini, de la Matière et de la Pensée. C'est un mystère aussi que cette faculté d'invention dont les animaux et les plantes nous offrent d'innombrables exemples, création continue aux résultats imprévisibles qui s'exprime dans la chaîne des vivants sans jamais épuiser sa fécondité, en vue, semble-t-il, d'un couronnement magnifique, l'Homme conscient et raisonnable ; celui-ci, à son tour, crée des machines dont les unes, sans qu'il s'en doute, copient grossièrement celles de la Nature, tandis que d'autres, comme la roue, la vis et la fermeture-éclair, sont de véritables nouveautés ; il a refait l'Oiseau avec l'avion, le Dauphin avec le sous-marin. Jusqu'où ne montera-t-il pas ? L'ensemble prodigieux des découvertes modernes donne le vertige. Dans cette puissance créatrice de l'Homme, je crois voir, avec Le Roy, le prolongement sous une autre apparence de la faculté d'invention immanente à la Vie.

La légende raconte que Newton, voyant tomber une pomme, eut l'intuition de la gravitation universelle ; il se peut qu'un génie futur, observant un parachute de Composée entraîné par le vent, pénètre le secret de l'invention biologique et de la finalité !

Nancy, 1940.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

ANTHONY (R.) et CUÉNOT (L.). — Enquête sur le problème de l'hérédité conservatrice. Les callosités carpiennes du Phacochère (*Rev. gén. des Sci.*, 50, 1939, 313).

BERNARD (Claude). — Philosophie, Boivin, Paris, 1938.

BERTALANFFY (L. von). — L'état actuel du problème de l'évolution (*Scientia*, 46, 1929, Suppl. 27).

BREYSIG (R.). — Le développement humain, sa notion et ses modes de réalisation (*Scientia*, 66, 1939, Suppl. 25).

BROOM (R.). — The coming of Man. Was it accident or design ? Witherby, London, 1933.

CAHN (T.). — Les phénomènes biologiques dans le cadre des sciences exactes (*Actual. scient. et ind.*, nº 64, 1933).

COMANDON (J.) et FONBRUNE (P. DE). — Recherches expérimentales sur les Champignons prédateurs de Nématodes du sol (*C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, 619).

CONKLIN (E. G.). — Problems of organic adaptation (*The Rice Institute pamphlet*, 8, 1921, 299).

— Problems of development (*Amer. Natur.*, 63, 1929, 5).

CORSET (J.). — Les coaptations chez les Insectes (*Bull. biol. France et Belgique*, Suppl., 1931).

CREW (F. A. E.). — A repetition of McDougall's lamarckian experiment (*Journ. Genetics*, 33, 1936, 61).

CUÉNOT (L.). — Recherches sur la valeur protectrice de l'homochromie chez quelques animaux aquatiques (*Ann. Sc. nat. Zool.*, 10e sér., 10, 1927, 123).

— Sur le mode de fixation de l'œuf de Paniscus, Ichneumonide ectoparasite d'une chenille (*Livre jubil. Bouvier*, Firmin-Didot, Paris, 1936, 183).

Cuénot (L.) et Poisson (R.). — Sur le développement de quelques coaptations des Insectes (*C. R. Ac. Sci.*, 175, 1922, 463).

Dacqué (E.). — Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere, Borntraeger, Berlin, 1921.

Dalbiez (R.). — Le transformisme et la philosophie (*Les Cahiers de Philosophie de la Nature*, I, Vrin, Paris. 1927, 173).

Devaux (E.). — Les luxations irréductibles transformatrices et les deux finalités (*Revue scient.*, 76, 1938, 427).

Driesch (H.). — The science and philosophy of the organism (*Gifford Lectures*, 2e éd., Black, London, 1929).

Errera (L.). — L'efficacité des structures défensives des plantes (*Bull. Soc. roy. botan. Belgique*, 25, 1886, 86).

— Une leçon élémentaire sur le darwinisme (*Recueil d'œuvres, Bot. gén.*, II, 1909).

Gagnebin (E.). — Le raisonnement finaliste en biologie (*Scientia*, 48, 1930, 301).

— Mécanisme ou vitalisme en biologie (*Rev. gén. Sci.*, 47, 1936, 417)

Goblot (E.). — La finalité en biologie (*Revue philos.*, 56, 1903, 366). Lettre de Ch. Richet.

Guye (C. E.). — Evolution physico-chimique, Chiron, Paris, 1922.

— La frontière de la physique et de la biologie, Kundig, Genève, 1936 (analysé par Boutaric, *Revue scient.*, 75, 1937, 358).

Guyénot (E.). — La vie comme invention (*9e semaine intern. de synthèse*, Alcan, Paris, 1938, 175).

Heim de Balsac (H.). — Captures d'Oiseaux par certaines plantes Phanérogames (*Alauda*, 3, 1931, 110).

Jennings (H. S.). — The Universe and Life, Yale Univ. Press, New Haven, 1933.

Jordan (H. J.). — L'indéterminisme vital et le dynamisme des structures causales (*Recherches philos.*, Boivin, Paris, 2, 1932-33, 18).

Kollmann (M.). — Coaptations et formes correspondantes chez les Crustacés Décapodes (*Ann. Fac. Sci. Marseille*, fasc. 4, 1937).

Lecomte du Noüy (P.). — Sur l'unité de la Méthode dans les sciences physiques et biologiques comparées (*Actual. scient. et ind.*, no 389, 1936, 4).

Le Roy (E.). — L'exigence idéaliste et le fait de l'évolution, Boivin, Paris, 1927.

Macquart (Mlle M.). — Etude de quelques coaptations chez les Crustacés (*Travaux Stat. biol. Roscoff*, fasc. 14, 1936).

Marmet (M.). — Le bouton-pression des Céphalopodes (*Ann. Fac. Sci. Marseille*, fasc. 2, 1936, 23).

Martens (P.). — L'autogamie chez l'Orchis et quelques autres Orchidées (*Bull. Soc. roy. botan. Belgique*, 59, 1926, 69).

— A propos de la pollination de l'Epipactis (*Bull. Soc. roy. botan. Belgique*, 60, 1928, 109).

Matisse (G.). — La question de la finalité en physique et en biologie (*Actual. scient. et ind.*, nos 467 et 468, 1937).

— La philosophie de la Nature, 3 vol., Alcan, Paris, 1938 (analyse critique par Ruyer, *Revue de Synthèse*, 16, 1938, 137).

Meyer (A.). — L'idée du Holisme (*Scientia*, 58, 1935, Suppl. 8).

Molliard (M.) et Echevin (R.). — Sur la sécrétion des Caryophyllées attrape-mouches (*C. R. Ac. Sci.*, 205, 1937, 1189).

Moreaux (R.). — Le rôle de l'appareil de coaptation alaire chez l'Abeille (*Bull. Soc. Sci. Nancy*, N. S., 2, 1937, 60).

Nicolle (C.). — La Nature. Conception et morale biologiques, Alcan, Paris, 1934.

— La destinée humaine, Alcan, Paris, 1936.

Osborn (H. F.). — Aristogenesis, the creative principle in the origin of species (*Science*, 79, 1934, 41 ; *Amer. Natur.*, 68, 1934, 193).

Pauly (A.). — Darwinismus und Lamarckismus. Entwurf einer psychophysischen Teleologie, Reinhardt, München, 1905.

Pérez (C.). — Evolution de l'appareil d'accrochage de l'abdomen au thorax dans la série des Décapodes Brachyures (*C. R. Ac. Sci.*, 186, 1928, 648).

— Les Pagures ou Bernards-l'Ermite (un exemple d'adaptation) (*Actual. scient. et ind.*, no 101, 1934).

Pierre-Jean. — Dieu ou la Physique ? Corrêa, Paris, 1935.

Popovici-Baznosanu (A.). — Sur la prétendue adaptation des larves à la vie rhéophile (*Bull. biol. France Belg.*, 62, 1928, 126).

Rabaud (E.). — Eléments de biologie générale, 2e éd., Alcan, 1928.

— La question des organes inutiles (*Revue scient.*, 75, 1937, 442).

RICHET (C.). — Les causes finales et la biologie (*La Nature*, Paris, n° 2951, 1935, 342).

RIGNANO (E.). — La mémoire biologique. Essai d'une nouvelle conception philosophique de la vie, Flammarion, Paris, 1923.

RITTER (W. E.). — The unity of the organism, or the organismal conception of life, 2 vol., Badger, Boston, 1919 (analyse dans *Scientia*, 33, 1923, 223).

SMUTS (J. C.). — Holism and evolution, MacMillan, London, 2e éd., 1927.

SULLY-PRUDHOMME et RICHET (C.). — Le problème des causes finales, Alcan, Paris, 1902.

VIALLETON (L.). — L'origine des êtres vivants. L'illusion transformiste, Plon, Paris, 1929.

VIGNON (P.). — Introduction à la Biologie expérimentale. Les êtres organisés. Activités. Instincts, Structures (*Encyclop. biologique*, VIII, Lechevalier, Paris, 1930).

INDEX ALPHABÉTIQUE

R

S

T

U

V

W

Y

TABLE DES MATIÈRES

3e Partie. — **Les théories non-mécanistes ou finalistes.**

4e Partie. — **Les difficultés du mécanicisme.**

286. — Imp. Jouve et Cie, 15, rue Racine. Paris. — 7-1941